

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология сварочного производства

Отделение электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технология сборки и сварки обшивки анодной, выполненной из сплава АМг3

УДК – 621.791-783.32:669.716.9.056.91

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В51	Хамдамов Салимжон Алим угли		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Романцов И.И.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент (ОЭИ)	Першина А.А.	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения по ООП

Школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение

Отделение школы электронной инженерии

Код результата	Результат обучения
	<i>Профессиональные компетенции</i>
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач
P2	Уметь формулировать задачи в области технологии и сварочных работ, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
P3	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния сварочных работ, интерпретировать данные и делать выводы.
P4	Уметь эффективно работать индивидуально,
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области сварочных работ.
P6	Иметь практические знания принципов и технологий релейной защиты и противоаварийной автоматики отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
	<i>Универсальные компетенции</i>
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области сварочных работ.
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях сварочных работ.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в сварочных работ.
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области сварочных работ с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
P12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области сварочных работ.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология
сварочного производства
 Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-1B51	Хамдамов Салимжон Алим угли

Тема работы:

Технология сборки и сварки обшивки анодной, выполненной из сплава АМгЗ	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Чертёж обшивки анодной Материал конструкции АМгЗ по ГОСТ 21631 Тип производства – серийный</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы 2. Описание конструкции 3. Разработка технологии сборки и сварки <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Выбор способа сварки 3.2. Выбор сварочных материалов 3.3. Расчет параметров режима сварки 3.4. Выбор сварочного оборудования 3.5. Методы борьбы со сварочными деформациями 3.6. План раскроя заготовок 3.7. Заготовительные операции 3.8. Сборочные операции 3.9. Сварочные операции 3.10. Контроль качества сварных соединений

<i>разработке; заключение по работе).</i>		4. Комплект технологической документации
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)		План раскроя заготовок Конструктивные элементы кромок Сборка конструкции Конструктивные элементы шва Схема выполнения сварных швов
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)		
Раздел		Консультант
Обзор литературы		Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ
Описание сварной конструкции		Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ
Разработка технологии		Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ
Комплект технологических документов		Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:		
Введение		
Заключение		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.02.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В51	Хамдамов Салимжон Алим угли		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1B51	Хамдамов Салимжон Алим угли

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- районный коэффициент- 1,3; - премиальный коэффициент – 0.3; - накладные расходы – 16%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации. Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации
2. Планирование и формирование бюджета проекта	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта Определение затрат на проектирование (смета затрат)
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта конкурентных технических решений
2. Диаграмма Ганта
3. Расчет бюджета затрат исследования

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1B51	Хамдамов Салимжон Алим угли		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В51	Хамдамов Салимжон Алим угли

Школа	Неразрушающего контроля	Отделение	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Тема ВКР:

Технология сборки и сварки обшивки анодной, выполненной из сплава АМгЗ	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Выполнение сварочных работ, заготовка (резка и рубка) листов из сплава АМгЗ, работа со сварочным трансформатором, расплавленным металлом (сварочная ванна), дугой. Рабочее место расположено в цеху 32 м². Имеет естественное и искусственное освещение. В цеху находятся сборочно-сварочные приспособления, полки для операционных карт, компьютер.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<i>ГОСТ 12.0.003-2015 ФЗ от 22.07.2008 N 123-ФЗ СанПиН 2.2.4.3359-16 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 ГОСТ 12.1.038-82 ГОСТ 12.1.018-93 ГОСТ Р 55090-2012 ФЗ-197 СП 53-101-98</i>
2. Производственная безопасность:	<i>Произвести анализ потенциальных вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении электросварочных работ на производстве по сборке и сварке металлоконструкции, а также разработать план мероприятий по их снижению: повышенный уровень шума на рабочем месте; психофизические факторы (физические перегрузки, монотонная работа); неудовлетворительные микроклимат и воздушная среда рабочего участка; запылённость воздуха; электробезопасность; ультрафиолетовое облучение; неудовлетворительный уровень; освещенности рабочего участка; термическая опасность; физическое ранение быстродвижущейся острой кромкой отрезного диска.</i>
3. Экологическая	<i>Рассмотреть:</i>

безопасность:	<p><i>выбросы вредных веществ в атмосферу (сварочный аэрозоль);</i></p> <p>необходимость осуществлять отдельный сбор и хранение отходов, подвергать их переработке, утилизации или захоронению;</p> <p><i>утилизацию ТБО (отходы, утилизация остаточного заготовительного материала, отработанных сварочных материалов).</i></p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p><i>Определить перечень наиболее возможных ЧС: пожар, взрыв, разрушение зданий в результате разрядов атмосферного электричества, ураган, землетрясение. Наиболее актуальная ЧС – возникновение пожара; Рассмотреть профилактические мероприятия, требования к безопасности и меры по ликвидации её последствий:</i></p> <p><i>1. использование огнетушителя, песка, асбестового одеяла, пожарного крана и пожарного щита;</i></p> <p><i>2. обеспечение средствами индивидуальной защиты;</i></p> <p><i>3. организационная эвакуация работников.</i></p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2020
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В51	Хамдамов Салимжон Алим угли		

Министерство науки и образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Уровень образования высшее
 Отделение электронной инженерии
 Период выполнения весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.02.2020	1. Обзор литературы	10
28.02.2020	2. Описание конструкции	10
15.03.2020	3. Разработка технологии сборки и сварки 1.1. Выбор способа сварки 1.2. Выбор сварочных материалов	10
30.03.2020	1.3. Расчет параметров режима сварки 1.4. Выбор сварочного оборудования	10
05.04.2020	1.5. Методы борьбы со сварочными деформациями	10
20.04.2020	1.6. План раскроя заготовок 1.7. Заготовительные операции	10
05.05.2020	1.8. Сборочные операции	10
15.05.2020	1.9. Сварочные операции 1.10. Контроль качества сварных соединений	10
25.05.2020	4. Комплект технологической документации	10
01.06.2020	5. Заключение	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 101 лист, 10 рисунков, 23 источника, 2 приложения.

Ключевые слова: анодная обшивка, ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом, сплав, технологический процесс, сборка, сварка.

Актуальность работы: в настоящее время рентгеновские аппараты содержат разрядник-обостритель и импульсный трансформатор, залитые трансформаторным маслом. Это сильно утяжеляет конструкцию. Необходимость применения трансформаторного масла утяжеляет конструкцию и усложняет работу дефектоскописта. В настоящее время сотрудниками Регионального центра аттестации, контроля и диагностики Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности Томского политехнического университета разрабатывается конструкция рентгеновского аппарата, позволяющая заменить трансформаторное масло на специальный газ. В этом случае возникает необходимость применения обшивки из алюминиевого сплава, способной удерживать газ внутри конструкции.

Объектом исследования является обшивка анодная.

Цели и задачи исследования (работы): разработать технологию сборки и сварки обшивки анодной.

Работа представлена ведением, 5 разделами (главами) и заключением, приведен список публикаций студента, список использованных источников.

В 1 разделе «Литературный обзор» рассмотрены физические, химические и технологические свойства алюминия и его сплавов. Так же проблемы при его сварке и способы, использующиеся при сварке алюминия и его сплавов.

Во втором разделе «Описание сварной конструкции» рассмотрена конструкция анодной обшивки, химические и механические свойства сплава Амг3 и предложены меры по решению проблем при сварке.

В третьем разделе «технология изготовления» разработана технология для сборки и сварки анодной обшивки, а также предложены меры борьбы со сварочными деформациями и напряжениями.

В заключении изложены результаты разработки технологического процесса: проблемы разработки для данной конструкции и способы их разрешения.

Определения, сокращения и нормативные ссылки

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Оксидная пленка - когда только что изготовленная поверхность алюминия входит в контакт с атмосферой, она моментально покрывается тонкой оксидной пленкой, которая имеет свойство восстанавливаться после повреждения.

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы»
2. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация»
3. ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования»
4. ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий" (с изменениями на 15 марта 2010 года)»
6. СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
7. СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы»
8. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*»
9. СанПиН 2.2.2.540-96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ»

10. ГОСТ 12.1.005–88 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)»
11. ГОСТ 12.1.035–81 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений»
12. СНиП 23-05-2010 «Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1)»
13. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
14. Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009 №1110 (с изменениями от 24.12. 2014)
15. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681
16. ГОСТ 12.3.003-86 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности (с Изменением N 1)»
17. ГОСТ 10157-2016 Аргон газообразный и жидкий. Технические условия.
18. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
19. ГОСТ 949-73 Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на $P(p) \leq 19,6$ МПа (200 кгс/кв. см). Технические условия
20. ГОСТ 19671-91 Проволока вольфрамовая для источников света. Технические условия
21. ГОСТ 4784-97 Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки

Обозначения и сокращения

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

G_v – масса сварочной ванны;

I_d – ток дуги;

U_d – напряжение на дуге;

$I_{св}$ – сварочный ток;

H – глубина сварочной ванны;

B – ширина сварочной ванны;

L – длина сварочной ванны;

V – объем сварочной ванны;

$V_{св}$ – скорость сварки.

$V_{пэл}$ – скорость подачи электродной проволоки

α_r – коэффициент расплавления

$\psi_{п}$ – коэффициент потерь

$\psi_{п}$ – коэффициент формы провара

Содержание

Введение.....	17
1 Литературный обзор	19
1.1 Алюминий и его сплавы.....	19
1.2 Классификация алюминиевых сплавов	23
1.2.1 Деформируемые алюминиевые сплавы, неупрочняемые термической обработкой.....	23
1.2.2 Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой.....	25
1.3 Свариваемость алюминиевых сплавов	28
1.4 Конструктивные и технологические особенности сварки алюминия	30
1.5 Способы сварки алюминиевых сплавов	32
1.5.1 Сварка плавящимся электродом в инертных газах	32
1.5.2 Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в инертных газах	36
1.5.3 Электроннолучевая сварка.....	38
1.5.4 Лазерная сварка.....	39
2 Описание сварной конструкции обшивки анодной.....	41
2.1 Конструктивные особенности	41
2.2 Материал конструкции	43
3 Технология изготовления обшивки анодной	45
3.1 Выбор и обоснование способа сварки	45
3.2 Сварочные материалы	46
3.3 Расчёт параметров режима.....	47
3.4 Рекомендации по технике изготовления	51
3.5 Выбор сварочного оборудования	51
3.6 Заготовительные операции	53
3.7 Сборка и сварка.....	55
3.8 Сварочные напряжения, деформации и меры борьбы с ними	56
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	58

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	58
4.2 Анализ конкурентных технических решений	58
4.3 SWOT – анализ	59
4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	61
4.5 Планирование исследования.....	61
4.5.1 Структура работ в рамках исследования.....	61
4.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ	62
4.5.3 Разработка графика проведения исследования	63
4.5.4 Расчет материальных затрат	67
4.5.5 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	68
4.5.6 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	69
4.5.7 Накладные расходы	70
4.5.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	70
4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	71
5 Социальная ответственность	74
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	74
5.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	74
5.2 Производственная безопасность	75
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, возникающих при проведении электросварочных работ на производстве	75
5.2.2 Разработка и анализ мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	76
5.3 Экологическая безопасность	87
5.3.1 Влияние производственного процесса на окружающую среду	87
5.3.2 Применяемые мероприятия по защите окружающей среды	87
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	88

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении электросварочных работ на производстве	88
5.4.2 Применяемые мероприятия по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	90
Заключение	92
Список используемых источников	93
Приложение А Комплект технологической документации.....	95

Введение

Для неразрушающего контроля качества сварных соединений наиболее эффективным является рентгенографический контроль. Источниками рентгеновского излучения являются рентгеновские аппараты. Наиболее распространёнными из них являются модели: Арина-1, Арина-3, Арина-7, Арина-9. Приборы данной серии отличаются мощностью напряжения на рентгеновской трубке и подбираются исходя из максимальной толщины объекта и условий контроля. Приборы данной серии могут работать как направленным, так и панорамным методом. Дефектоскопы Арина разработаны в России и адаптированы для работы при температуре окружающей среды от -40 до +50 °С.

Каждый аппарат состоит из двух основных частей: рентгеновского блока (далее БР), являющегося источником рентгеновского излучения, и портативного пульта управления (далее ПУ), соединяемых кабелем длиной 25 м. Рентгеновский блок каждого аппарата включает в себя высоковольтный блок, в котором расположены рентгеновская трубка с холодным катодом, разрядник-обостритель и импульсный трансформатор, залитые трансформаторным маслом, а также накопительные конденсаторы и газовый коммутатор, образующие первичный контур импульсного трансформатора.

Необходимость применения трансформаторного масла утяжеляет конструкцию и усложняет работу дефектоскописта. В настоящее время сотрудниками Регионального центра аттестации, контроля и диагностики Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности Томского политехнического университета разрабатывается конструкция рентгеновского аппарата, позволяющая заменить трансформаторное масло на специальный газ. В этом случае возникает необходимость применения обшивки из алюминиевого сплава, способной удерживать газ внутри конструкции.

Анодная обшивка является сварной конструкцией из алюминиевого сплава. Во избежание утечки газа к качеству сварных швов предъявляются

высокие требования. Поэтому целью данной работы является разработка технологии сборки и сварки анодной обшивки из сплава АМгЗ, обеспечивающая высокое качество сварных соединений.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать конструкцию и назначить способ сварки;
- разработать технологию изготовления конструкции;
- назначить оборудование и материалы для сварки;
- разработать комплект технологической документации.

1 Литературный обзор

1.1 Алюминий и его сплавы

Алюминий – легкий, пластичный и прочный металл, широко востребованный в современной промышленности благодаря уникальному сочетанию его свойств, среди которых – высокая тепло- и электропроводность, пластичность, малая плотность, непроницаемость и долговечность [1].

Алюминий представляет собой химический элемент 3-й группы периодической системы Менделеева, имеет атомный номер 13 и атомную массу 26,98154 (г/моль). По распространенности в природе алюминий занимает первое место среди металлов и четвертое среди всех элементов, его содержание в земной коре достигает 8,8% по массе. Алюминий входит в состав многочисленных минералов и горных пород, соединения алюминия содержат базальты, граниты, глины, полевые шпаты и т.д. Однако главным сырьем для промышленного получения алюминия являются значительно менее распространенные бокситы и гибситы, а также алуниты и нефелины.

Чистый алюминий представляет собой легкий металл серебристобелого цвета, имеющий кубическую гранцентрированную кристаллическую решетку (параметр $a = 0,40403$ нм, $z = 4$). Температура плавления алюминия 22 660С, температура кипения около 2450С, плотность металла 99,996%-ной чистоты - 2,6989 г/см³, температурный коэффициент линейного расширения – около $2,5 \cdot 10^{-5}$ К⁻¹, а стандартный электродный потенциал составляет Al^{3+}/Al^0 -1,663В в кислой среде и -2,35 В в щелочной [2].

Химически алюминий является достаточно активным металлом [3]. На воздухе его поверхность немедленно покрывается прочной беспористой пленкой оксида Al_2O_3 , которая перекрывает дальнейший доступ кислорода и останавливает реакцию, что обуславливает высокую коррозионную

стойкость алюминия. Аналогичная защитная пленка на поверхности алюминия образуется также при его помещении в концентрированную азотную кислоту [4].

Промышленное производство алюминия начинается с химической переработки бокситов, путем которой получают чистый оксид алюминия Al_2O_3 . Затем в электролизной ванне расплавляют криолит, а затем добавляют в полученный расплав немного оксида алюминия и других веществ, улучшающих условия проведения последующего химического процесса. При электролизе расплава на катоде образуется расплавленный металл с содержанием алюминия более 99,7% [5].

Сплавы алюминия широко применяются в архитектуре и строительстве, а автомобиле - и судостроении, в авиационной и космической технике, а также в быту [6].

Постоянные примеси алюминия (Fe, Si, Ti, Mn, Cu, Zn, Cr) понижают физико-химические характеристики и пластичность алюминия. В зависимости от содержания примесей различают марки первичного алюминия A999, A995, A99, A97, A95.

Железо и кремний являются основными неизбежными примесями, попадающими в алюминий при его производстве. Их присутствие отрицательно сказывается на свойствах алюминия. Железо практически нерастворимо в алюминии, поэтому даже при самом малом его содержании образуется хрупкое химическое соединение $FeAl_3$. Кристаллизуясь в виде игл, служащих надрезами в металле, оно снижает пластические свойства алюминия. Железо уменьшает коррозионную стойкость алюминия вследствие большой разницы электрохимических потенциалов фаз Al и $FeAl_3$, возникновения микрогальванических пар на границе этих фаз и развития межкристаллитной коррозии.

Кремний не образует с алюминием химических соединений и присутствует в сплавах алюминия в элементарном виде. Растворимость кремния в алюминии при комнатной температуре не превышает 0,05 %. Уже

при незначительных количествах кремния в структуре алюминия образуются включения эвтектики Al-Si. Кристаллики кремния по свойствам близки к химическим соединениям, обладают высокой твердостью (НВ 800) и хрупкостью. Основное отрицательное влияние примеси кремния выражается в ухудшении литейных свойств технического алюминия.

В зависимости от содержания примесей алюминий разделяют на сорта: технический, высокой чистоты и особой чистоты.

В таблице 1.1 приведены некоторые марки, химический состав алюминия деформируемого (предназначенного для производства полуфабрикатов методом горячей или холодной деформации). На алюминий первичный, поставляемый в форме чушек, слитков распространяется стандарт ГОСТ 11069-74, примеры обозначения марок которого приведены в таблице 1.2. Механические свойства алюминия зависят от его чистоты и состояния. Увеличение содержания примесей и пластическая деформация повышают прочность и твердость алюминия (таблица 1.3).

Таблица 1.1 – Алюминий деформируемый [7]

Обозначение марок	Химический состав, %	Сумма примесей
	Прочие примеси Каждая в отдельности	
Алюминий высокой чистоты		
АДоч	0,001	0,020
АДч	0,005	0,05
Алюминий технической чистоты		
АД000	0,02	0,20
АД00	0,02	0,30
АД0	0,02	0,50
АД1	0,05	0,70
АД	0,05	1,2

Таблица 1.2 – Алюминий первичный [7]

Обозначение марок	Химический состав, %	
	Алюминий, не менее	Примесей не более, сумма
Алюминий особой чистоты		
A 999	99,999	0,001
Алюминий высокой чистоты		
A 995	99,995	0,005
A 99	99,99	0,010
A 95	99,95	0,05
Алюминий технической чистоты		
A 85	99,85	0,15
A 8	99,8	0,20
A 7	99,7	0,30
A 5	99,5	0,50
A 0	99,0	1,00

Таблица 1.3 – Механические свойства алюминия различной чистоты в отожденном состоянии [7]

Чистота, %	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	НВ, МПа	δ , %
99,99	22	49	84 – 112	45,5
99,8	25	61	133	38,5
99,5	28	70	126 – 175	31,5

Алюминий характеризуется высокими технологическими свойствами. Из него могут быть изготовлены любые полуфабрикаты различных габаритов. Благодаря высокой пластичности полуфабрикаты из алюминия легко можно подвергать деформации без существенных нагревов. Сварка может осуществляться практически всеми методами, включая сварку плавлением. Обрабатываемость резанием вследствие высокой вязкости у алюминия плохая.

Он используется в электротехнической промышленности и теплообменниках. Высокая отражательная способность алюминия используется для производства зеркал, мощных рефлекторов. Алюминий практически не взаимодействует с азотной кислотой, органическими кислотами и пищевыми продуктами. Из него изготавливается тара для транспортировки пищевых продуктов, домашняя утварь. Листовой

алюминий широко применяется как упаковочный материал. Значительно выросло применение алюминия в строительстве и на транспорте.

1.2 Классификация алюминиевых сплавов

В зависимости от способа производства промышленные алюминиевые сплавы делятся на спеченные, литейные и деформируемые (рисунок 1.1).

Литейные сплавы претерпевают эвтектическое превращение, а деформируемые – нет. Последние в свою очередь бывают термически неупрочняемыми (сплавы в которых нет фазовых превращений в твердом состоянии) и деформируемые, термически упрочняемые (сплавы, упрочняемые закалкой и старением).

Алюминиевые сплавы обычно легируют Cu, Mg, Si, Mn, Zn, реже Li, Ni, Ti.

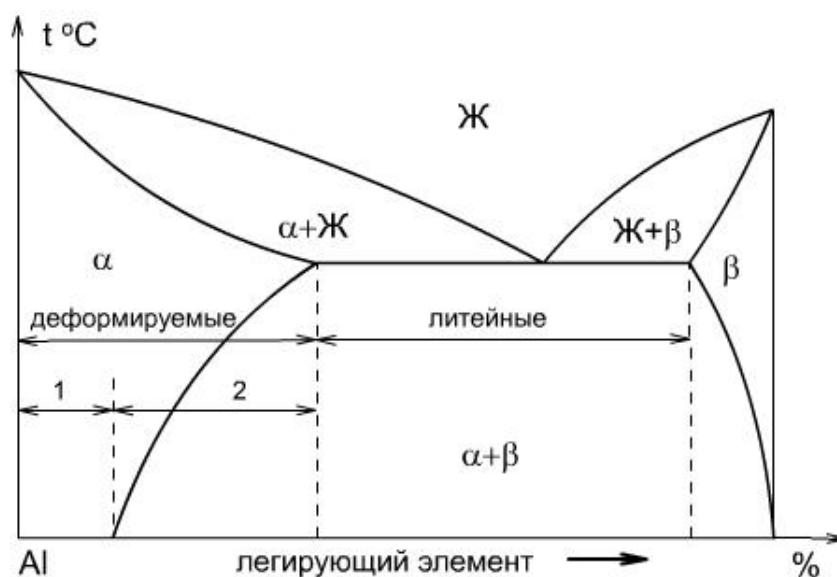


Рисунок 1.1 – Диаграмма состояний “алюминий – легирующий элемент” [6]:

1 – деформируемые, термически неупрочняемые сплавы;

2 – деформируемые, термически упрочняемые сплавы

1.2.1 Деформируемые алюминиевые сплавы, неупрочняемые термической обработкой

К этой группе сплавов относятся технический алюминий и термически неупрочняемые свариваемые коррозионностойкие сплавы

(сплавы алюминия с марганцем и магнием). Сплавы АМц относятся к системе Al – Mn (рисунок 1.2).

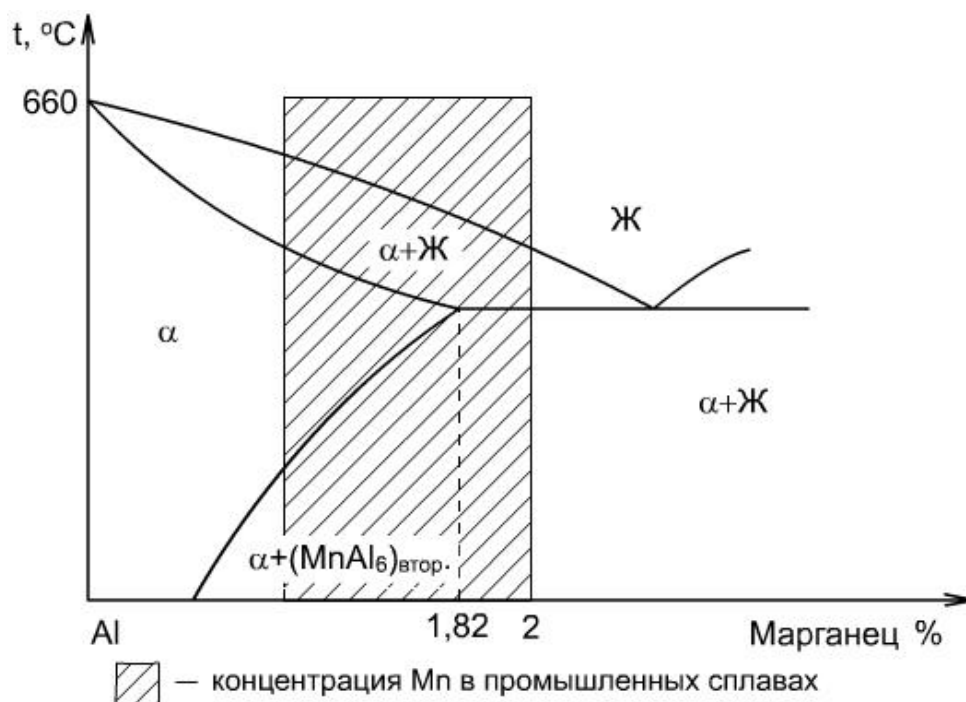


Рисунок 1.2 – Диаграмма состояния “алюминий – марганец” [6]

Структура сплава АМц состоит из α -твердого раствора марганца в алюминии и вторичных выделений фазы MnAl_6 (рисунок 1.2). В присутствии железа вместо MnAl_6 образуется сложная фаза $(\text{MnFe})\text{Al}_6$, практически нерастворимая в алюминии, поэтому сплав АМц и не упрочняется термической обработкой.

Состав данных сплавов имеет очень узкие пределы: 1 – 1,7 %Мп; 0,05 – 0,20 % Си; медь добавляют в целях уменьшения питтинговой коррозии.

Допускается до 0,6 – 0,7 %Fe и 0,6 – 0,7 %Si, что приводит к некоторому упрочнению сплавов без существенной потери сопротивления коррозии.

При понижении температуры прочность быстро растет. Поэтому сплавы этой группы нашли широкое применение в криогенной технике.

Сплавы АМг (магналий) относятся к системе Al – Mg. Магний образует с алюминием α -твердый раствор и в области концентраций от 1,4 до 17,4 %Mg происходит выделение вторичной β -фазы (MgAl), но сплавы

содержащие до 7 %Mg, дают очень незначительное упрочнение при термической обработке, поэтому их упрочняют пластической деформацией – нагартовкой.

Сплавы систем Al – Mn и Al – Mg используются в отожженном, нагартованном и полунагартованном состояниях. В промышленных сплавах магний содержится в пределах от 0,5 до 12 – 13 %, сплавы с низким содержанием магния обладают наилучшей способностью к формообразованию, сплавы с высоким содержанием магния имеют хорошие литейные свойства (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Сплавы литейные на основе системы Al – Mg [7]

Группа сплава	Марка сплава	Массовая доля, % основных компонентов				Примесей не более железа
		Mg	Zr	Be	Ti	
IV Сплавы Al - Mg	AMг3	3,2-3,8	0,05-0,2	–	0,05-0,1	0,5
	AMг6л	6,0 – 7,0	0,05 – 0,2	0,02 – 0,1	0,05 – 0,15	0,2
	AMг10	9,5 – 10,5	0,05 – 0,2	0,05 – 0,15	0,05 – 0,15	0,2
	AMг11	10,5 – 13,0	Si-0,8 – 1,2	0,03 – 0,07	0,05 – 0,15	1,2
	AMг7	6,0 – 8,0	Si-0,5 – 1,0	Mn-0,4	–	0,9

1.2.2 Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

К этой группе сплавов относятся сплавы высокой и нормальной прочности. Составы некоторых деформируемых термически упрочняемых сплавов приведены в таблице 1.5. Типичными деформируемыми алюминиевыми сплавами являются дуралюмины (маркируют буквой Д) – сплавы системы Al – Cu – Mg. Очень упрощенно процессы, проходящие при упрочняющей термической обработке дуралюмина можно рассмотреть, используя диаграмму Al – Cu (рисунок 1.3).

Таблица 1.5 – Состав некоторых деформируемых термически упрочняемых сплавов [7]

Обозначение марок		Химический состав, %							Название сплава
Буквенное	Цифровое	Медь	Магний	Марганец	Zn	Ni	Fe	Si	
Д1	1110	3,8 – 4,8	0,4 – 0,8	0,4 – 0,8	0,3	0,1	0,7	0,7	Дуралюмин
Д16	1160	3,8 – 4,9	1,2 – 1,8	0,3 – 0,9	0,3	0,1	0,5	0,5	Супердуралюмин
АК8	1380	3,9 – 4,8	0,4 – 0,8	0,4 – 1,0	0,3	0,1	0,7	0,6	Ковочный сплав
В95	1950	1,4 – 2,0	1,8 – 2,8	0,2 – 0,6	6,0	0,1	0,5	0,5	Высокопрочный сплав

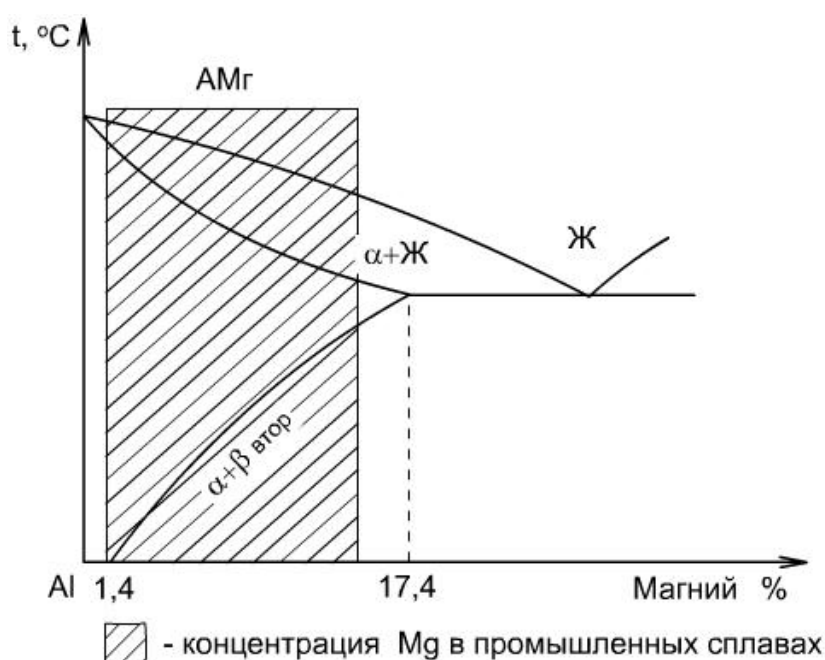


Рисунок 1.3 – Диаграмма состояния “алюминий – магний” [6]

При закалке, которая заключается в нагреве сплава выше линии переменной растворимости, выдержке при этой температуре и быстром охлаждении, фиксируется структура пересыщенного α -твердого раствора и нерастворимых включений железистых и марганцовистых соединений. Сплав в свежезакаленном состоянии имеет небольшую прочность $s_0 = 30 \text{ кгс/мм}^2$ (300 МПа); $d = 18 \%$; твердость HB75 (рисунок 1.4).

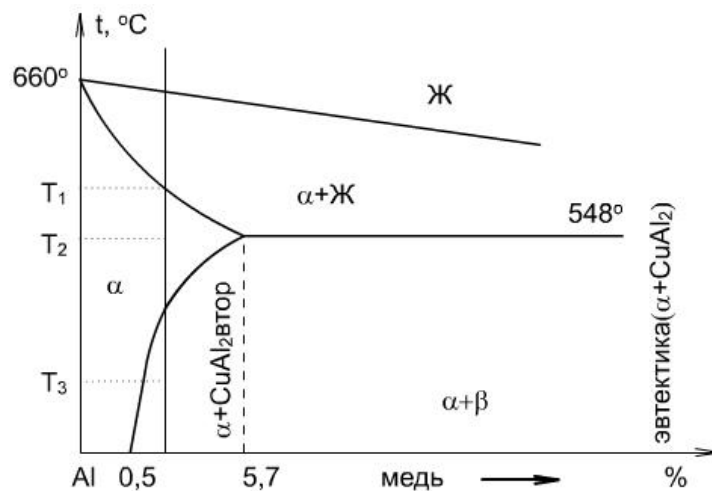


Рисунок 1.4 – Фрагмент диаграммы состояния “алюминий – медь” [6]:

T_1 – температура оплавления;

T_2 – температура закалки;

T_3 – температура искусственного старения

Пересыщенный твердый раствор неустойчив. Наивысшая прочность достигается при последующем старении закаленного сплава. Искусственное старение заключается в выдержке при температуре 150 – 180 °С. При этом из пересыщенного α – твердого раствора выделяются упрочняющие фазы CuAl_2 , CuMgAl_2 , и др. Микроструктура состаренного сплава состоит из твердого раствора и включений различных вышеперечисленных фаз (исунок 1.5).

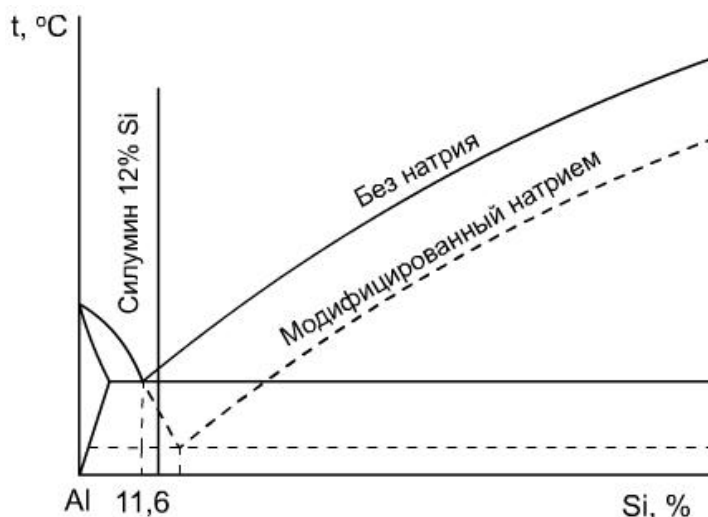


Рисунок 1.5 – Диаграмма состояния “алюминий – кремний” [6]:

а) общий вид;

б) после введения модификатора

1.3 Свариваемость алюминиевых сплавов

Основной проблемой при сварке алюминия является его способность быстро покрываться на воздухе оксидной пленкой (Al_2O_3), которая предотвращает дальнейшее окисление основного металла и служит гарантией отсутствия коррозии в легких условиях эксплуатации. Например, при сварке технического алюминия на поверхности деталей после химической обработки мгновенно образуется оксидное покрытие толщиной $1 \cdot 10^{-7}$ м, имеющее предел прочности 20 МПа и плотность $4 \cdot 10^3$ кг/м³.

Оксидная пленка имеет температуру плавления 2050 °С, тогда как сам алюминий плавится около 650 °С (в зависимости от типа сплава). Имея большую плотность, чем алюминий, оксидное покрытие проникает внутрь шва через расплавленную ванну в виде включений, что ведет к снижению механических свойств шва (уменьшению статической и циклической прочности соединения), даже в большей степени, чем при наличии пор и шлаковых включений [10].

Важнейшей характеристикой оксидной пленки является ее способность адсорбировать влагу, в особенности водяной пар, который может удерживаться окисным покрытием вплоть до температуры плавления металла. Влага в свою очередь является источником водорода, который вызывает пористость в сварных швах. Для осуществления сварки необходимо принять меры по разрушению и удалению пленки с поверхности кромок и прилегающего основного металла.

Оксидную пленку обычно удаляют следующим образом:

1. Механическим способом: путем зачистки шлифовальной шкуркой, проволочной щеткой из нержавеющей стали или абразивным материалом. При удалении пленки с помощью щетки следует производить очистку только в одном направлении. Щетина щетки не должна быть слишком грубой, иначе в результате обработки оксиды могут заглубиться в металл. Необходимо помнить, что щетку, использовавшуюся для зачистки нержавеющей или

обычной стали, нельзя использовать для обработки поверхности алюминиевых сплавов.

2. Химическим способом: обезжиривание и травление специальными средствами, в состав которых не входят углеводородные компоненты, чтобы исключить диссоциацию водорода в область сварки.

Технология сварки алюминия и его сплавов достаточно многообразна. К числу основных особенностей сварки алюминия и его сплавов любым методом относятся: необходимость удаления окисной пленки с поверхности свариваемых изделий, тщательная подготовка под сварку, предварительный подогрев и др. К основным трудностям сварки алюминия и его сплавов относятся [11]:

1. Наличие и возможность образования тугоплавкого окисла Al_2O_3 ($T_{пл} = 2050^\circ C$) с плотностью больше, чем у алюминия, затрудняет сплавление кромок соединения и способствует загрязнению металла шва частичками этой пленки.

2. Резкое падение прочности при высоких температурах может привести к разрушению (проваливанию) твердого металла не расплавившейся части кромок под действием веса сварочной ванны. В связи с высокой жидкотекучестью, алюминий может вытекать через корень шва.

3. В связи с большой величиной коэффициента линейного расширения и низким модулем упругости сплав имеет повышенную склонность к короблению. Уровень сварочных деформаций в 1.5-2 раза выше, чем у аналогичных стальных конструкций.

4. Необходима самая тщательная химическая очистка сварочной проволоки, механическая очистка и обезжиривание свариваемых кромок. В связи с резким повышением растворимости газов в нагретом металле и задержкой их в металле при его остывании возникает интенсивная пористость, обусловленная водородом, приводящая к снижению прочности и пластичности металла. Предварительный и сопутствующий подогрев

замедляет кристаллизацию металла сварочной ванны, что способствует более полному удалению газов и снижению пористости.

5. Вследствие высокой теплопроводности алюминия необходимо применение мощных источников теплоты. С этой точки зрения в ряде случаев желательны подогрев начальных участков шва до температуры 120-150 °С или применение предварительного и сопутствующего подогрева.

6. Металл шва склонен к возникновению трещин в связи с грубой столбчатой структурой металла шва и выделением по границам зерен легкосплавных эвтектик, а также развитием значительных усадочных напряжений в результате высокой литейной усадки алюминия (7%).

1.4 Конструктивные и технологические особенности сварки алюминия

Как было сказано выше, из-за большого коэффициента теплопроводности и линейного расширения алюминия, существенно искажается форма, и изменяются размеры сварных конструкций из алюминиевых сплавов. Поэтому, необходимо использовать конструктивные и технологические методы уменьшения сварочных деформаций вне зависимости от выбранного вида сварки [12].

Конструктивные способы уменьшения деформаций и напряжений предусматриваются при проектировании сварного соединения. К ним относятся уменьшение количества сварных швов в изделии, симметричное расположение ребер жесткости, швов, косынок. Для уравнивания деформаций припуски деталей на усадку должны быть равны усадке с тем, чтобы размеры конструкции после сварки соответствовали проектным. Необходимо предусматривать возможность использования зажимных сборочно-сварочных приспособлений для предотвращения смещения свариваемых кромок относительно друг друга в процессе сварки. Повышенная склонность к деформации свариваемых соединений алюминия и его сплавов способствует появлению в них горячих трещин. Особенно

склонны к образованию горячих трещин стыковые швы, близко расположенные друг к другу из-за пересечения зон термического влияния. Необходимо конструктивно располагать швы на максимально возможном удалении друг от друга. Если нельзя разнести швы, соединяемые элементы изготавливают как единое целое.

Отличительной чертой сварки алюминия является то, что описанные выше конструктивные способы необходимо применять в совокупности с описанными в предыдущем разделе методами удаления окисной пленки из сварного соединения.

Не менее важны технологические меры уменьшения деформаций. Необходимо подобрать оптимальный режим сварки, с тем чтобы зона термического влияния была минимальной. Для этого стремятся использовать методы сварки, обеспечивающие высокую концентрацию энергии в дуге, а соединения сваривают на повышенных скоростях. На деформацию соединения существенно влияет порядок выполнения швов. При выполнении швов большой протяженности целесообразно использовать обратноступенчатый способ сварки. Сварку конструкций, имеющих несколько последовательно расположенных швов, целесообразно начинать со среднего шва, а затем поочередно, с каждой стороны, выполнять остальные швы, двигаясь к краям конструкции. Также необходимо учитывать, что соединения со скосом кромок более склонны к деформации, чем без скоса кромок и соединения с симметричной двусторонней разделкой кромок менее склонны к деформациям, чем с односторонней разделкой кромок. Для предотвращения продольного прогиба соединений применяют предварительный обратный выгиб свариваемых элементов, который подбирают опытным путем.

Для устранения остаточных деформаций применяют ударную и тепловую правку. Чтобы не повредить поверхность, алюминиевые соединения правят ударами резиновых и деревянных молотков. Правку стальными молотками можно выполнять только через алюминиевые или

деревянные подкладки. Тепловую правку применяют для тех алюминиевых соединений, работоспособность которых не ухудшается сопровождающим нагрев разупрочнением, например, при правке малонагруженных элементов или конструкций из отожженного металла. Максимальная температура подогрева должна быть не выше температуры отжига для применяемого алюминиевого сплава.

К числу технологических особенностей сварки алюминия необходимо отнести и предварительный подогрев. Он имеет важное значение в виду того, что окисная пленка на поверхности свариваемых алюминиевых металлоконструкций прекрасно адсорбирует влагу и необходимо применять меры по удалению этой влаги. Если этого не делать, то в сварном соединении могут возникнуть дефекты. Поэтому, свариваемые кромки перед сваркой подогревают, используя газовые горелки (восстановительное пламя), горячий воздух или электроконтактные нагреватели [13].

1.5 Способы сварки алюминиевых сплавов

Для сварки алюминия и его сплавов применяют почти все известные способы сварки плавлением. В процессе самой сварки требуется защитить жидкий металл от воздействия воздуха. Поэтому пользуются защитными флюсами, проводят ее в инертной атмосфере аргона, гелия и их смесях или в вакууме [14].

Среди основных наиболее часто используемых способов сварки плавлением алюминиевых сплавов можно выделить следующие:

- сварка плавящимся электродом в инертных газах;
- сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в инертных газах;
- электроннолучевая сварка;
- лазерная сварка.

1.5.1 Сварка плавящимся электродом в инертных газах

Автоматическую и полуавтоматическую сварку плавящимся электродом применяют для получения стыковых, тавровых, нахлесточных и

других соединений металла толщиной 4-6 мм и более (автоматическая сварка преимущественно для металла толщиной 10-12 мм и более). Экономическая целесообразность применения сварки плавящимся электродом возрастает с увеличением толщины металла, глубокое проплавление которого обеспечивает процессу высокую производительность. Этим способом сварки удается получать надежное проплавление корня шва при сварке тавровых и нахлесточных соединений.

Конструкция механизма подачи должна обеспечивать надежное и стабильное поступление мягкой алюминиевой проволоки. Обычно в таких механизмах предусматривают две пары ведущих и прижимных роликов, что уменьшает возможность проскальзывания проволоки и ее сминания. Ролики 22 применяют без насечки. Внутренняя поверхность стальной трубки в горелке, по которой движется проволока, должна быть обработана с максимальной чистотой. Сопло горелки должно обеспечивать надежную защиту инертным газом жидкой сварочной ванны. Диаметр сопел горелок для автоматической сварки 26-32 мм, для полуавтоматической 18-22 мм.

Токопроводящие наконечники обычно изготавливают из меди. Срок их службы 30-40 ч. Медно-графитовые наконечники склонны к более быстрому износу (срок службы 8-10 ч), однако они обеспечивают надежный токосъем и хорошие условия скольжения проволоки.

Длина видимой части дуги при сварке составляет 2-6 мм, расстояние от мундштука до торца сопла 8-10 мм. Расстояние от торца сопла до изделия 5-15 мм. Сварку осуществляют "углом вперед", угол наклона горелки 75-80°. Сварку плавящимся электродом в защитных газах выполняют на постоянном токе обратной полярности. Источники питания сварочной дуги должны иметь жесткую (проволока диаметром до 2,5 мм) или пологопадающую (проволока диаметром более 2,5 мм) внешнюю характеристику.

При сварке в аргоне плавящимся электродом диаметром до 2,5 мм трудно избежать образования пор в металле шва. Повысить качество металла

шва алюминиевых сплавов (Al-Mg, Al-Zn-Mg) удаётся применением техники управляемого переноса металла при импульсно-дуговой сварке.

Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом отличается от обычной тем, что на постоянный ток обратной полярности, получаемый от основного источника питания, накладываются кратковременные импульсы тока с заданной частотой следования, генерируемые импульсным устройством для получения мелкокапельного направленного переноса электродного металла через дугу при более низких значениях сварочного тока, чем это имеет место при естественном мелкокапельном переносе. Величину и длительность импульсов сварочного тока выбирают такими, чтобы можно было обеспечить управляемый перенос металла с торца электрода небольшими каплями в 23 широком диапазоне токов. В паузах между импульсами значение тока небольшое, но достаточное для поддержания горения сварочной дуги, при котором ввод теплоты в изделие уменьшается и отсутствует перенос металла.

Импульсно-дуговая сварка обеспечивает повышение механических свойств наплавленного металла и сварных соединений в целом, улучшает стабильность процесса, позволяет выполнять сварку в различных пространственных положениях с улучшенным формированием швов, использовать проволоку диаметром 0,8-1 мм и получать соединения металла минимальной толщины 1-3 мм, существенно стабилизировать провар корня шва.

В настоящее время при сварке плавящимся электродом металла средних и больших толщин находит применение сварка в смеси инертных газов аргона с гелием. По сравнению с аргоном гелий повышает концентрацию энергии в приэлектродных пятнах и обуславливает более высокий градиент температур в столбе дуги. Применение смеси защитных газов повышает тепловую мощность дуги, температуру сварочной ванны. особенно эффективно применение гелия для сварки алюминия высокой и технической чистоты, теплопроводность которых выше по сравнению с

алюминиевыми сплавами. При введении гелия в настроенную на аргон систему дуга укорачивается, а тик несколько снижается. Для сохранения устойчивости процесса и силы сварочного тока необходимо повысить напряжение холостого хода источника питания. Это приводит к росту напряжения дуги на 20-30 % и соответственно настолько же требует увеличения скорости подачи проволоки, в результате чего возрастают глубина и ширина провара.

При равной погонной энергии скорость сварки в смеси газов на 40-50% выше, чем в аргоне. Металл толщиной 20-25 мм можно сваривать за один проход с каждой стороны без скоса кромок. Допускается повышенный зазор в стыках. Применение в качестве защитной атмосферы смеси аргона (25-40%) с гелием (75-60 %) при автоматической сварке позволяет снизить объем пустот в металле шва в 2-2,5 раза. Для полуавтоматической сварки используют смесь, состоящую из 50 % каждого газа.

При сварке плавящимся электродом по глубокой V-образной разделке впереди дуги скапливаются брызги электродного металла, которые, попадая в дуговой промежуток, нарушают режим сварки. Чтобы исключить это, скопившиеся впереди дуги брызги обычно удаляют скребком. В таких случаях целесообразно применять рюмкообразную или трапецеидальную разделку кромок, особенно при использовании проволок диаметром 3-5 мм. При многослойной односторонней сварке в разделку кромок рекомендуется первые один-три прохода выполнять неплавящимся электродом, который обеспечивает более качественное формирование обратной стороны шва, а остальные проходы – плавящимся. Иногда для уменьшения усиления швов, выполняемых плавящимся электродом, применяют неглубокую, но широкую разделку кромок под углом 90-120°.

Полуавтоматическую сварку стыковых соединений без разделки кромок в нижнем и вертикальном положениях выполняют обычно без поперечных колебаний торца электрода. При наличии разделки кромок

первый шов выполняют также без поперечных колебаний, а последующие швы – с небольшими (до 5 мм) перемещениями электрода.

При сварке угловых швов в нижнем положении угол наклона горелки от вертикальной стенки 30-45°. Сварку угловых швов на вертикальной плоскости ведут снизу вверх углом вперед. Однопроходную сварку можно выполнять с перемещениями конца электрода. Угловые швы больших сечений на вертикальной плоскости выполняют многослойными швами путем наложения узких валиков. Также выполняют и стыковые горизонтальные швы. Для заварки кратера горелку возвращают в обратном направлении на расстояние, ненамного превышающее длину кратера, при одновременном снижении скорости подачи проволоки.

Этот метод обладает следующими недостатками:

- пористость и низкая прочность шва подразумевает невысокое качество соединения;
- большое количество брызг расплавленного металла;
- плохая отделимость шлаковой колки (может вызвать коррозию).

1.5.2 Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в инертных газах

Электрическая дуга горит между изделием и неплавящимся вольфрамовым электродом. Присадочный металл вводят в сварочную ванну по необходимости независимо от сварочного тока. Способ находит применение для сварки стыковых, нахлесточных, тавровых, торцовых и других соединений, получения стыковых швов на вертикальной плоскости при двусторонней сварке в одну общую ванну одновременно двумя сварщиками. Ручную сварку рекомендуется применять для металла толщиной до 10 мм, а автоматическую – для металла толщиной до 16 мм. Во избежание попадания вольфрама в шов дугу зажигают на технологической или графитовой пластине. Дуга зажигается, когда электрод находится на расстоянии 2-3 мм от пластины. После разогрева торца вольфрамового

электрода, не прерывая дуги, её переносят на изделие. Вольфрамовый электрод следует располагать к изделию под углом 60-80°. Угол между вольфрамовым электродом и присадочной проволокой обычно составляет 80-90°. Расстояние от нижнего края торца сопла до изделия должно быть минимальным (5-10 мм), но достаточным для наблюдения за сварочной дугой и концом электрода. Увеличение этого расстояния приводит к ухудшению эффективности газовой защиты и требует повышенного расхода защитного газа. Длина выступающей из сопла части вольфрамового электрода должна составлять 2-5 при сварке стыковых и до 8 мм при сварке тавровых соединений. Использование сопел с металлическими сетками, пористыми перегородками позволяет получать ламинарный стабильный поток газа на большем расстоянии от торца сопла до изделия и увеличивать вылет вольфрамовых электродов в 1,5-2 раза.

При сварке тавровых стыковых соединений газовая струя при выходе из сопла горелки натекает на поверхность свариваемого изделия, что приводит к расширению зоны защиты. Торцовые соединения, наоборот, имеют небольшую отражающую поверхность, что может привести к попаданию воздуха в зону сварки. В этом случае ниже уровня шва устанавливают специальные отражающие пластинки-экраны. При сварке встык листов и труб, собранных с зазором без подкладки, возможен подсос воздуха через зазор. Для исключения подсоса внутрь трубы вдувается аргон или гелий, защищающий корень шва.

Перемещение электрода и присадочной проволоки во время ручной сварки должно быть равномерно поступательным. Конец присадочного прутка вводится в сварочную ванну и не должен находиться за пределами зоны газовой защиты. Поперечные колебания прутка и вольфрамового электрода не рекомендуются. Сварку следует вести при минимальной длине дуги (1-5 мм) на максимальных для данной толщины материала сварочном токе и скорости сварки. Обычно ручная сварка ведется "левым" способом.

В целях повышения производительности процесса двустороннюю сварку вертикальных швов на вертикальной плоскости металла толщиной до 16 мм производят два сварщика в одну ванну. Требуется разделка двух кромок (угол 90° , притупление 2-2,5 мм).

Для зажигания дуги обычно применяются осцилляторы напряжения. Горелку устанавливают к изделию под углом $80-90^\circ$. Автоматическую сварку изделий выполняют в приспособлениях, обеспечивающих плотную сборку свариваемых кромок и их удержание в процессе сварки. Обычно сварку проводят за один проход с одной или двух сторон. При односторонней сварке изделий необходимо предусматривать проплавление кромок на всю толщину и формирование усиления с обратной стороны шва. При двусторонней сварке перед наложением шва с обратной стороны требуется механическая обработка до металла шва.

Применение смеси газов аргона (50-70%) с гелием (50-30%) обеспечивает увеличение глубины проплавления металла, повышение в 1,5-2 раза скорости сварки и снижение объема пустот в металле шва.

1.5.3 Электроннолучевая сварка

Электроннолучевая сварка обладает рядом преимуществ по сравнению с другими видами сварки плавлением: высокой удельной концентрацией энергии (благодаря малому диаметру луча и его стабильности), малым тепловложением и относительно высокой скоростью процесса. Поэтому она находит все более широкое применение при изготовлении конструкций из высокопрочных термически упрочняемых и нагартованных алюминиевых сплавов. В результате ее применения достигается минимальное разупрочнение металла в околошовной зоне. Электроннолучевая сварка обеспечивает минимальное коробление изделия вследствие малой ширины шва. Погонная энергия при электроннолучевой сварке в 4-5 раз меньше, чем при аргодуговой. Электроннолучевая сварка позволяет выполнять соединения различных типов: стыковые, угловые,

тавровые и нахлесточные. с отбортовкой кромок и др. Обычно присадочная проволока не применяется.

Электроннолучевая сварка является довольно универсальным процессом, так как позволяет выполнять соединения в различных пространственных положениях при широком диапазоне скорости сварки.

1.5.4 Лазерная сварка

В настоящее время лазерная сварка находит все большее применение в промышленности. Излучение лазера с помощью оптических систем может быть сфокусировано в пятно диаметром в несколько микрон или линию и т. д. Световой луч может быть непрерывным или импульсным. При 31 импульсном луче сварка происходит отдельными или перекрывающимися точками [15].

Основными параметрами луча лазера являются его мощность, длительность импульса и диаметр светового пятна на свариваемой поверхности. Расфокусировка луча также влияет на глубину проплавления основного металла. При положительных расфокусировках глубина проплавления изменяется более резко. Поглощение световой энергии основным металлом зависит от состояния его поверхности, поглощательной способности (часть светового потока, отражаясь, теряется).

Высокая концентрация теплоты в световом пятне лазера позволяет практически все металлы довести не только до расплавления, но и до кипения. Однако мощное оборудование для лазерной сварки в настоящее время все еще остается достаточно дорогим и это сдерживает его применение в промышленности. Поэтому чаще всего используют импульсную лазерную сварку и сваривают металл толщиной до 1 мм.

Большим преимуществом способа сварки лучом является возможность ведения процесса в вакууме, защитных газах или на воздухе. Сварку алюминиевых сплавов чаще всего производят в инертной среде аргона.

Из большого числа способов сварки плавлением алюминиевых сплавов, для герметизации электронных приборов с корпусами из алюминиевых сплавов малых толщин, наиболее подходящим способом является импульсная лазерная сварка, в силу своих особенностей:

- высокая концентрация в пятне нагрева лазерного луча;
- малый нагрев конструкции и практически отсутствие деформаций во время сварки;
- изделие не является частью сварочной цепи, что является необходимым для многих электронных компонентов.

2 Описание сварной конструкции обшивки анодной

2.1 Конструктивные особенности

Анодная обшивка состоит из двух деталей – непосредственно обшивки и фланца.

Обшивка представляет собой лист из сплава АМгЗ скругленный в четырех местах на равном расстоянии с внешним радиусом 34 мм так, что он образует оболочку. Толщина листа – 2 мм, высота оболочки – 217 мм, длина развертки листа – 669 мм. В обшивке так же есть четыре отверстия.

Вторая деталь – фланец. Представляет собой толстостенную полую деталь. Внешне повторяет форму обшивки, внутри имеет прямоугольный вырез 160 мм на 147 мм со скруглениями радиусом 10 мм, а также местные уменьшения толщины по середине каждой стенки с глубиной 7,5 мм, длиной 76 мм и скруглениями радиусом 7 мм. По контуру с внешней стороны снята фаска 2 мм на 1 мм. На внутренней стороне металл снят так, что по контуру осталось ребро толщиной 1 мм с глубиной реза 2 мм. В детали выполнено 8 резьбовых отверстий М5-14. Изображения деталей конструкции представлены на рисунках 2.1 и 2.2.

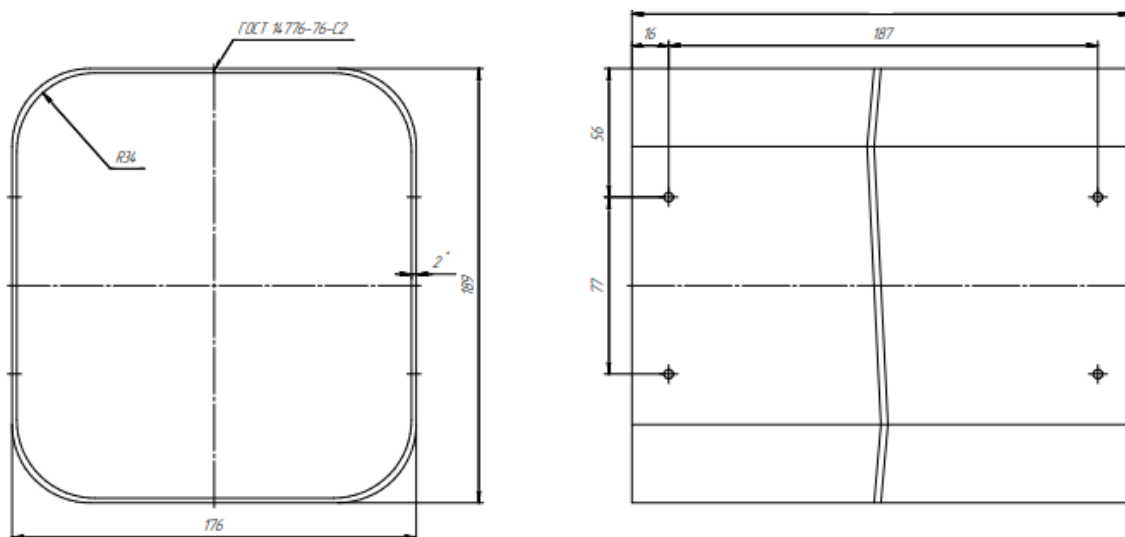


Рисунок 2.1 – Обшивка анодная

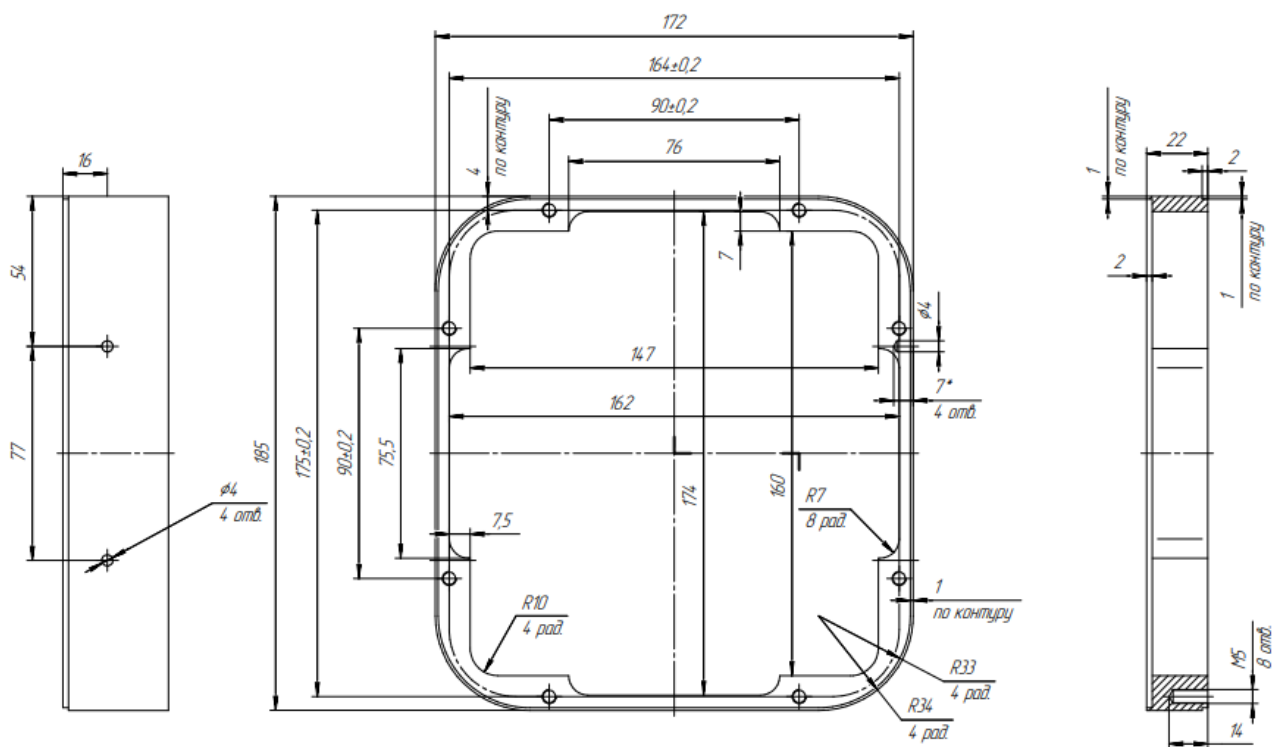


Рисунок 2.2 – Фланец

Проанализировав конструкцию, можно сказать, что сварка тонкостенного листа большой площади может вызвать существенные деформации за счет малой жесткости. Недостающую жесткость можно компенсировать за счет жесткости фланцев.

Конструкция имеет открытое пространство для воздуха внутри себя, что ставит задачу защиты зоны термического влияния от окисления. Так же зачистка под сварку внутри сборки может быть выполнена до гибки обшивки, что облегчит процесс заготовки.

Может произойти коробление тонкого листа при сварке с фланцем при перемещении источника тепла вдоль стыка. Возможное увеличение зазора также может повлиять на качество сварного соединения (протечка ванны через зазор). Если такой вариант многовероятен, то необходимо использование прижимов. В добавку можно сказать, что лист после гибки не сможет обтекать фланец по его поверхности, а соответственно прижим необходим.

2.2 Материал конструкции

АМгЗ – это деформируемый сплав алюминия с Магнием. Он хорошо деформируется, обладает высокой стойкостью к коррозии и сваривается без ограничений, удовлетворительно поддаётся резке, но имеет более чем средние показатели твёрдости, прочности на растяжение и предела текучести. Следовательно, и модуль упругости этого сплава низкий. Магний – это один из самых лёгких металлов устойчивых на воздухе. Сплав алюминия с магнием будет обладать меньшей плотностью по отношению к чистому алюминию, но разница эта невелика и составляет около 0,01 г/см².

Химический состав деформируемых сплавов алюминия описан в ГОСТ 4784-97 и приведен в таблице 2.1.

Таблице 2.1 – Химический состав сплава АМгЗ, % [16]

Fe	Si	Mn	Cr	Ti	Al	Cu	Mg	Zn
до 0,5	0,5-0,8	0,3-0,6	до 0,05	до 0,1	93,8-96	до 0,1	3,2-3,8	до 0,2

Следует учитывать, что с увеличением состава магния в сплаве увеличивается твёрдость полуфабрикатов, а пластические свойства ухудшаются. Магналии АМг1 - АМг4 характеризуются как хорошо деформируемые в холодном и горячем состоянии, а магналии с большим содержанием магния – с трудом поддаются деформации и требуют дополнительного числа отжигов. Механические свойства сплава представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Механические свойства сплава АМгЗ, Т=20 °С [16]

Предел прочности σ_b , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относительное удлинение δ , %	Относительное сжатие ψ , %	Ударная вязкость КСЧ, кДж/м ²
230	120	25	-	0,4

На практике этот сплав используется в различных областях производственной и хозяйственной деятельности для изготовления сварных

конструкций и клёпанных конструкций, стойких к воздействию коррозии. Из АМгЗ изготавливают баки в автомобильной промышленности, в строительстве — каркасы витражей и дверных проёмов, рамы окон, надпалубные надстройки в кораблестроении. В производстве трубопроводов важную роль играет свариваемость и коррозионная стойкость, поэтому АМгЗ обрёл широкое применение и в этой области.

3 Технология изготовления обшивки анодной

3.1 Выбор и обоснование способа сварки

Для подбора наиболее оптимального способа сварки необходимо учитывать следующие требования: качество и внешний вид шва, универсальность, необходимую производительность, деформацию изделия экономические составляющие, а также местные условия.

Аргонодуговая сварка неплавящимся электродом – наиболее универсальный и оперативный способ сварки. Возможно осуществление сварки в различных пространственных положениях. Этот способ не требует большого рабочего места для работ и оборудования.

При этом способе достигается наилучшее формирование шва. Данному процессу незначительно уступает сварка плавящимся электродом в смеси гелия и аргона и значительно уступает ручная дуговая сварка покрытыми электродами. В ряде случаев при использовании ручной дуговой сварки покрытыми электродами и сварки плавящимся электродом необходимо выравнивать шов механически.

Механические свойства металла шва и пористость определяют способ сварки, режим и техника сварки. Эти параметры в свою очередь определяют погонную энергию и степень защиты сварочной ванны от влаги, воздуха и загрязнений. При аргонодуговой сварке неплавящимся электродом насыщенность шва газами наименьшая, что положительно сказывается на механических свойствах.

Сплав АМгЗ не проявляет чувствительности к межкристаллитной расслаивающей коррозии и коррозионному растрескиванию за счёт содержания до 3,5 % Mg. Однако расплавленный металл так же подвержен окислению со стороны внешней среды и нуждается в защите от окисления.

Наиболее высокое качество соединений обеспечивает автоматическая и ручная сварка неплавящимся электродом. Что касается коррозионной стойкости, то наименьшие значения показывает ручная дуговая сварка.

Из этого всего можно сделать вывод что наиболее подходящим способом сварки является ручная аргонодуговая сварка вольфрамовым электродом. Её преимущества, это:

- хорошая защита шва от окисления внешней среды;
- высокие механические свойства металла шва;
- малая пористость металла шва;
- удобство при сварке (малая рабочая зона, широкие возможности пространственного положения).

3.2 Сварочные материалы

Для сварки алюминиевых сплавов АМгЗ использую идентичный по химическому составу присадочный пруток Св-АМгЗ. Это позволяет снизить скачок механических свойств в зоне термического влияния и достичь равной коррозионной стойкости. Так же это позволяет облегчить технологию сварки за счет одинаковых технологических свойств.

Химический состав присадочного прутка для сварки приведён в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Химический состав присадочного прутка Св-АМгЗ, % [16]

Mg	Mn	Fe	Si	Al
3,2-3,6	0,3-0,6	до 0,5	до 0,5-0,8	остальное

Сварку вольфрамовым электродом для сплава АМгЗ следует выполнять переменным током обратной полярности. Для наших конструкций применяется вольфрамовый электрод марки WL-15 по ГОСТ 19671-91 [17].

Для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом используется вольфрам различных марок: WP, WC-20, WL-15, WT-20, WZ-8, WY-20. В нашем случае более целесообразно будет использовать: вольфрамовый электрод марки WL-15 содержит 1,4 – 1,6% окиси лантана. За счет присадки

окиси лантана значительно уменьшается загрязнение сварного шва, а также отличается простой эксплуатацией и надежностью.

Для сварки алюминиевых сплавов рекомендуется использовать аргон высшего сорта по ГОСТ 10157-79 [18], для борьбы с трещинами следует применять материалы повышенной чистоты. Состав газа указан в таблице 4. В сварочном производстве используется аргон, поставляемый в газообразном состоянии.

Газообразный аргон отпускают, хранят и транспортируют в стальных баллонах (по ГОСТ 949-73), или автоцистернах под давлением $15 \pm 0,5$ или $20 \pm 1,0$ МПа при 293 °К. При поставке аргона в баллонах вместимостью 40 дм³ объём газа составляет 6,2 м³ (давление 15 МПа, температура 293 °К).

Химический состав аргона для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Химический состав аргона высшего сорта, % [16]

Ar, не менее	O ₂ , не более	N ₂ , не более	CO ₂ , не более	Содержание водяных паров, не более	Температура насыщения, К
99,992	0,0007	0,006	0,0005	0,01	215

Диаметр присадочной проволоки подбирается по толщине соединяемых элементов и в нашем случае равен 2 мм. Диаметр неплавящегося электрода выбирается по силе сварочного тока и может быть установлен после расчёта параметров режима сварки.

3.3 Расчёт параметров режима

К основным параметрам сварки неплавящимся электродом соединений алюминиевых элементов относятся: сварочный ток $I_{св}$, диаметр электрода $d_э$, скорость сварки $V_{св}$ и расход аргона Q . На условия сварки также влияет форма и внутренний диаметр сопла d_c горелки и расстояние от торца сопла до поверхности свариваемого элемента h_c .

Наиболее важным параметром режима является сварочный ток. При токе больше максимально допустимого на электроде образуются чрезмерно

большие шарики расплавленного вольфрама, которые вибрируют и иногда отрываются; в этих случаях в сварных швах образуются нежелательные включения вольфрама. В пределах допустимых величин тока, чем выше ток, тем устойчивее горение дуги.

В качестве параметров, отвечающих за защиту сварочной ванны, выступают расход защитного газа, диаметр сопла и расстояние от торца сопла до поверхности свариваемого элемента. Для наиболее эффективной газовой защиты должны быть выполнены следующие требования:

- сопло должно заканчиваться цилиндрической частью, длина которой должна быть равна диаметру выходного отверстия сопла;
- внутри сопла должны быть отражательные или выходные каналы;
- внутренние кромки сопла не должны иметь закруглений.

Для обычно применяемых режимов сварки диаметр выходного отверстия сопла должен составлять 12 – 18 мм [19].

Выбору рода сварочного тока при сварке алюминия и его сплавов должно быть уделено особое внимание. Попытка использовать для целей ручной аргонодуговой сварки алюминиевых сплавов постоянный ток прямой полярности приводит к следующему:

- дуга с трудом зажигается, её трудно поддерживать;
- происходит усиленное разбрызгивание расплавленного металла;
- присадочный пруток быстро оплавляється, не сплавляясь с основным металлом.

Основной металл при этом окисляется, в шве образуются прожоги, а вблизи шва появляется черный налет. Причины указанного явления следует искать в подавлении 33 процессов катодного распыления, обуславливающих удаление с поверхности алюминия окисной пленки.

При питании дуги постоянным током обратной полярности происходит разрушение пленки и хорошее сплавление расплавленных кромок металла. Но, как уже указывалось выше, при сварке на постоянном

токе обратной полярности сила тока и мощность дуги органичны небольшой допустимой плотностью тока на вольфрамовом электроде.

Наиболее целесообразно для аргонодуговой сварки сплава Амг3 применять переменный ток. Однако ввиду вентильного действия дуги, горящей между вольфрамом и алюминием, стандартные источники питания дуги переменным током не всегда обеспечивают качественную сварку. Поэтому необходимы специальные меры, направленные на устранение вентильного действия дуги.

Так как для расчёта режимов сварки неплавящимся вольфрамовым электродом не существует определённой методики, при их выборе воспользуемся рекомендациями [20].

В конструкции анодной обшивки все соединения можно разделить на два типа: стыковое и торцевое, изображённые на рисунках 3.1 и 3.2 соответственно.

В первом случае соединяются два конца одного листа, а соответственно и одинакового сечения. Длина шва не превышает 200 мм. Сварка выполняется в нижнем положении.

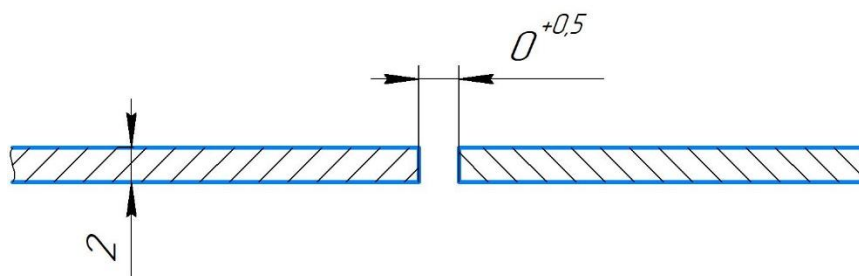


Рисунок 3.1 – Стыковое соединение

Во втором случае идёт наплавка присадочного прутка на фланец так, чтобы часть ванны равномерно стекала на листовый металл и образовывало сварное соединение, при этом на фланце имеется фаска по всей длине, куда будет затекать и стопориться расплавленный металл. Это сделано для того, чтобы минимизировать количество зачищаемого металла, а соответственно и длительность работ, так как обшивка по длине должна иметь ровную поверхность.

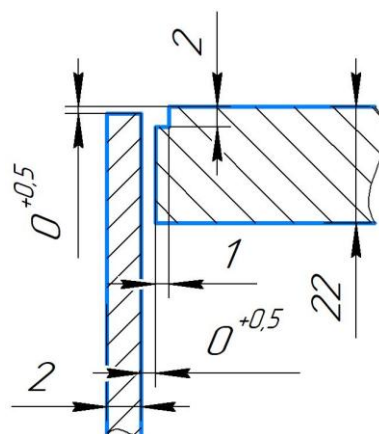


Рисунок 3.2 – Торцевое соединение

Как указывалось выше, не существует определённых методик для расчета параметра сварки, поэтому воспользуемся рекомендациями для выбора параметров режима ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом, представленными в таблице 3.3 [20].

Таблица 3.3 – Параметры режима ручной аргонодуговой сварки

Тип соединения	Толщина металла, мм	$d_{э}$, мм	$d_{пр}$, мм	$I_{св}$, А	Q , л/мин	$V_{св}$, м/ч
Стыковое	2	2,0	2,0	70-120	6-7	4-5
Торцевое	2	2,0	2,0	70-120	6-7	5-6

Для торцевого соединения нету достоверных источников по выбору параметров и выбор параметров обоснован тем, что нас в большей степени интересует не глубина проплавления фланца, а приваренного к нему листа. Из этих соображений, для того чтобы не менять электроды, прутки и не настраивать сварочный ток: меняем только скорость сварки для экономии металла.

В обоих случаях за счет маленькой толщины листового элемента используют сварку в один проход.

С целью обеспечения эффективной газовой защиты для каждого режима сварки устанавливают оптимальный расход газа. Надежность защиты в процессе сварки определяется также диаметром и формой сопла горелки, расстоянием сопла от поверхности свариваемого изделия и другими

факторами (например, отсутствием сквозняка на участке сварки). Для диаметра вольфрамового электрода 2 мм рекомендуется диаметр выходного отверстия сопла 10-12 мм [21].

3.4 Рекомендации по технике изготовления

При выполнении швов на алюминии ручную неплавящимся электродом особые требования предъявляются в технике сварки. Угол между присадочной проволокой и электродом должен составлять около 90° . Присадка подается короткими возвратно-поступательными движениями. Недопустимы поперечные колебания вольфрамового электрода. Длина дуги обычно не превышает 1,5 – 2,5 мм, а расстояние от выступающего конца вольфрамового электрода до нижнего среза наконечника горелки при стыковых соединениях – 1 – 1,5 мм, в нашем случае при угловом – 4 – 8 мм.

Для уменьшения опасности окисления размеры сварочной ванны должны быть минимальными. Сварку металла толщиной до 10 мм обычно ведут т.н. «левым» способом, который позволяет снизить перегрев свариваемого металла. Скорость сварки должна соответствовать электрическому режиму и расходу инертного газа.

Чрезмерный расход газа приводит к его турбулентному истечению и засасыванию в зону дуги воздуха, т.е. к нарушению газовой защиты. При малом истечении газа и чрезмерно большой скорости сварки защита зоны сварки будет недостаточной. Давление аргона в зависимости от расхода устанавливается в пределах 0,01 – 0,05 МПа. Подачу аргона включают за 3 – 5 с до возбуждения дуги, а выключают через 5 – 7 с после обрыва с помощью электромагнитного клапана, который устанавливается в цепи аппаратуры управления.

3.5 Выбор сварочного оборудования

В настоящее время имеется огромный выбор различного оборудования и источников питания для аргонодуговой сварки.

Источник питания сварочной дуги должен отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать необходимую для данного технологического процесса силу тока и напряжение дуги;
- иметь необходимый вид внешней характеристики, чтобы выполнять условия стабильного горения дуги;
- иметь такие динамические параметры, чтобы можно было обеспечить нормальное возбуждение дуги и минимальный коэффициент разбрызгивания.

Согласно литературным и интернет данным, принимаем инверторную установку аргонодуговой сварки BRIMA TIG 250 AC/DC. Данная установка предназначена для сварки нержавеющей, легированной, углеродистой стали и цветных металлов в режиме постоянного тока, а в режиме переменного тока – для сварки алюминия и его сплавов.

Отличительные функции аргонодуговой установки:

- поддержка дуги высокочастотной вибрацией;
- постоянный/переменный ток, доступен режим TIG и MMA;
- стабильная дуга, мягкое управление;
- малые габариты и вес, низкий уровень шума.

Основные технические характеристики установки BRIMA TIG 250 AC/DC приведены в таблице 3.4.

Как видно из технических требований, данная установка полностью подходит для нашей заданной конструкции, а также соответствует всем предъявляемым требованиям для проведения качественного процесса сварки. В комплектацию к принятому оборудованию дополнительно должны входить редуктор – расходомер и баллон с аргоном [21].

Таблица 3.4 – Основные характеристики установки для аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом BRIMA TIG 250 AC/DC

Напряжение сети, В	380
Потребляемая мощность, кВт	6,3
Диапазон регулирования сварочного тока, А	10-250
Продолжительность нагрузки при I=250А, %	60
Максимальная толщина свариваемого изделия, мм	12
КПД, %	85
Габаритные размеры, мм	560x365x35
Масса, кг	30

3.6 Заготовительные операции

Для того чтобы снизить вероятность появления дефектов в сварных соединениях необходимо обеспечить качественное выполнение заготовительных операций. Значительная доля брака сварных швов происходит из-за плохого качества подготовки деталей. Технологический процесс изготовления деталей из листового проката: разметку металла, раскрой, рубку, очистку и гибку. Фланцы изготавливаются на ЧПУ и поставляются готовыми к сварке.

Для разметки листового проката используют штангенциркуль, либо можно изготовить шаблон в натуральную величину раскроя. Разметку листов выполняют на разметочной плите 1,5x1 м.

После разметки выполняют раскрой с помощью рубки на гильотинных ножницах. Гильотинные ножницы используются, так как они имеют ряд преимуществ: чистота реза, наименьшее время выполнения операции, отсутствие зон термического влияния.

Перед сборкой нашего изделия необходимо тщательно подготовить поверхность свариваемого материала. Наиболее тщательной зачистке должна подвергаться поверхность сплавов алюминия с магнием, в нашем случае для сплава АМгЗ. Удаление пленки Al_2O_3 можно выполнять механическим или химическим путем. Первый применяется в индивидуальном производстве. В серийном же и, особенно, в массовом производстве рационально применять химические методы очистки поверхности алюминиевых сплавов.

Механическая зачистка поверхности алюминиевых сплавов заключается в удалении тонкого слоя алюминия при помощи стальной щетки или тонкой наждачной бумаги. Стальная щетка должна изготавливаться из проволоки диаметром не более 0,15 мм. При использовании более толстой проволоки на поверхности алюминия образуются грубые риски, слой окисной пленки снимается крайне неравномерно, что ведет к плохому качеству сварки [22].

После зачистки поверхности алюминия стальной щеткой из тонкой проволоки получают удовлетворительные сварные швы. Зачистке металлической щеткой должна предшествовать операция обезжиривания, которая производится при помощи растворителей, например, марки РДВ.

Следует, однако, иметь в виду, что механическая зачистка не обеспечивает равномерного удаления окисной пленки с поверхности алюминиевых сплавов. Измерение контактного сопротивления в различных точках поверхности одного и того же изделия показывает большую разницу в величине контактного сопротивления.

При помощи щетки очень трудно очистить стыкуемые кромки; поэтому так, где это возможно, необходимо производить механическую обработку стыкуемых кромок на станках. Более равномерное удаление окисной пленки с поверхности алюминиевых сплавов достигается химической обработкой. Эффективность данного способа очистки установлена измерением контактного сопротивления, пропорционального толщине окисной пленки с помощью микровольтметра, градуированного в микромах. Для сплава АМгЗ рекомендуется следующая химическая обработка – обезжиривание в щелочном растворе, с последующим осветлением в 30 – 35%-ном растворе азотной кислоты.

Последовательная подготовка сплава к сварке:

- 1) удаление загрязнений минеральными маслами в растворителе РДВ или бензине Б70 с помощью волосяного ерша или салфетки;

2) обезжиривание в течение 5 – 8 минут в растворе: тринатрийфосфат Na_3PO_4 – 35 – 50 г, углекислая сода Na_2CO_3 – 35 – 50 г, жидкое стекло Na_2SiO_3 – 30 г, вода – 1000 см³, температура раствора 60 – 70° в течение 1 мин.;

3) промывка в теплой воде при температуре 50 – 60°;

4) травление в 4 – 5%-ном растворе едкого натра при температуре 60 – 70° в течение 1 мин.;

5) промывка в холодной воде;

6) осветление в растворе 30 – 35%-ной азотной кислоты;

7) промывка в холодной воде;

8) промывка в горячей проточной воде (температура 50 - 60°);

9) сушка в сушильном шкафу при температуре 100 – 110°.

3.7 Сборка и сварка

Сборка узла производится в соответствии с картой эскизов ФЮРА.20190.001. Смещение фланца относительно обшивки не должно превышать 0,5 мм в направлении «на выход». Углубление недопустимо. Разделка кромок под стыковое соединение не должна иметь зазоров более чем 0,5 мм. Хомуты устанавливаются на расстоянии 3-4 мм от края чтобы сварочный шов не задевал их.

Прихватки выполняются небольшими длинами (до 10 мм) с шагом 50 мм для более большей жесткости сборки (особенно актуально для сплавов алюминия с большой вероятностью коробления).

Сварку выполняет один сварщик за один проход для стыкового соединения и за 4 прохода для торцевого, так как шов имеет квадратный контур и требуется поворот изделия. Торцевой шов можно выполнять от начала в конец, не используя обратно ступенчатую схему за счёт большой жесткости данного соединения.

3.8 Сварочные напряжения, деформации и меры борьбы с ними

На величину деформации влияет теплопроводность свариваемого металла: чем выше теплопроводность, тем равномернее распределяется тепловой поток и тем меньше деформация. Алюминий обладает высоким коэффициентом линейного расширения, но высокой теплопроводностью, что дает при сварке меньшие деформации по сравнению с низкоуглеродистой сталью.

Неравномерное нагревание металла, наличие сосредоточенного источника тепла (сварочное пламя, электрическая дуга), перемещающегося вдоль шва с какой-то скоростью и вызывающего неравномерное нагревание металла при сварке, является основной причиной возникновения внутренних напряжений и деформаций в сварных изделиях [12].

Различают следующие типы воздействия при сварке:

- тепловые напряжения, вызванные неравномерным распределением температуры при сварке;
- структурные напряжения, возникающие вследствие структурных превращений, сопровождающихся переохлаждением аустенита в околошовной зоне и образования продуктов закалки мартенсита.

В зависимости от времени существования собственных напряжений и деформаций различают:

- остаточные, остаются в изделии после снятия нагрузки;
- временные, существующие в конструкции лишь в определенный момент времени.

В зависимости от размеров области, в пределах которой имеют место и взаимно уравниваются внутренние напряжения, различают:

- напряжения I рода – уравниваются в крупных объемах соизмеримых с размерами изделий или отдельных его частей;
- напряжения II рода – уравниваются в микрообъеме тела в пределах одного или нескольких зерен;

– напряжения III рода – уравниваются в объемах соизмеримых с атомной решеткой и связаны с искажениями атомной решетки.

Напряжения также можно разделить по направлению действия:

- продольные вдоль оси шва;
- поперечные перпендикулярно оси шва.

По виду напряженного состояния сварочные швы бывают:

- линейные (одноосные);
- плоскосные (двуосные);
- объемные (трехосные).

Весь комплекс борьбы со сварочными напряжениями и деформациями можно разделить на две группы:

– мероприятия, предотвращающие вероятность возникновения деформаций и напряжений или уменьшающих влияние (к таким мероприятиям можно отнести: последовательность сварки, закрепление, предварительный обратный выгиб, подогрев, интенсивное охлаждение свариваемых изделий);

– мероприятия, обеспечивающие последующее исправление деформаций и снятие напряжений: (к таким мероприятиям можно отнести: механическая правка, проковка шва, термообработка, также можно предотвратить сварочные деформации за счет правильного выбора сварочных материалов, режимов сварки, минимальное вложение погонной энергии и правильное определение способа сварки) [23].

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа по теме «Технология сборки и сварки обшивки анодной, выполненной из сплава АМгЗ», выполняется в рамках исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будет являться сама организация.

Суть работы заключается в исследовании и разработке процесса наплавки металла дугой, горящей в импульсном режиме. Сегментирование рынка представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Сегментирование рынка

	Показатели		
	Низкий показатель	Средний показатель	Высокий показатель
Качество наплавки	3	2	1
Скорость наплавки	2,3	2	1
Возможность	3	2	1,2

где 1 – Автоматическая аргонодуговая сварка в импульсном режиме; 2 – полуавтоматическая аргонодуговая сварка; 3 – ручная дуговая сварка.

По данным результата сегментирования можно сделать вывод, что уровень конкуренции низок. Автоматически запрограммированная аргонодуговая сварка в импульсном режиме – хороший способ сварки, благодаря которому можно получать качественные валики для формирования стенок деталей.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Для этого составлена оценочная карта, приведенная в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Качество детали	0,208	5	5	4	1,04	1,04	0,832
2.Точность детали	0,208	4	5	3	0,832	1,04	0,624
3.Сложность процесса	0,125	2	3	4	0,25	0,375	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Цена оборудования	0,166	2	2	4	0,332	0,332	0,664
2.Обслуживание процесса	0,125	3	3	4	0,375	0,375	0,5
3.Квалификация рабочих	0,166	4	3	5	0,664	0,498	0,83
Итого	1	20	21	26	3,5	3,48	2,75

где Б_ф – Сварка неплавящимся электродом в аргоне дугой, горящей в импульсном режиме;
Б_{к1} – Аргонно-дуговая сварка; Б_{к2} – Ручная дуговая сварка.

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Таким образом, конкурентоспособность разработки составила 3,5 в то время, как двух других аналогов 3,48 и 2,75 соответственно. Результаты показывают, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как качество и точность детали. Итогом данного анализа является то, что метод, предложенный в нашей научно-исследовательской работе эффективнее методов конкурентов.

4.3 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Преимущества SWOT анализа заключаются в том, что он позволяет достаточно просто, в правильном разрезе взглянуть на положение компании, товара или услуги в отрасли, и поэтому является наиболее популярным инструментом в управлении рисками и принятии управленческих решений (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Матрица SWOT

Внешние факторы	Внутренние факторы		
		Сильные стороны проекта: 1. Простота оборудования 2. Экономичность 3. Возможность сварки различных металлов 4. Возможность автоматизации 5. Качество изготавливаемых деталей 6. Возможность усовершенствования оборудования	Слабые стороны проекта: 1. Требуется высокая квалификация рабочего 2. Повышенный вред здоровью 3. Единичное производство оборудования для сварки 4. Высокие требования к технологиям сварки 5. Обслуживание оборудования
	Возможности: 1. Возможность перехода в массовое производство 2. Возможность финансирования государством	Возможность перехода в производство и мультизадачность; Нормирование и совершенствование оборудования	Необходимость в профессиональном отборе; Создание условий труда; Чем дороже оборудование и его обслуживание, тем качественнее деталь
	Угрозы: 1. Отсутствие спроса из-за особенностей метода 2. Отсутствие запасных деталей на рынке 3. Чем сложнее конструкция – тем сложнее приобрести расходники	Для достижения экономичности и технологичности процесса, а также высокого качества детали необходимо наладить связь со специалистами по оборудованию либо нанять своих специалистов.	Высокие риски. Очень дорогостоящее оборудование и его обслуживание. Необходимо открывать предприятие в экономических центрах – т.к. новые технологии сложно внедрить пока существуют традиционные.

4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

В таблице 4.4 приведены возможные варианты решения технической задачи:

1) А1Б1В2Г2Д3 – В первом случае, сварка низкоуглеродистых сталей при малых затратах на материал.

2) А2Б2В2Г2Д3 – Во втором случае, низкоуглеродистых или низколегированных сталей при малых затратах материал.

3) А3Б3В1Г1Д1 - В третьем случае, сварка хромистых (нержавеющих) сталей аустенитного класса, с повышенными требованиями к материалу.

Таблица 4.4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

	1	2	3
А. Диаметр сварочной проволоки, мм	1	1	1
Б. Марка электрода	ЭВЛ-2 Ø 3-150-ТУ	ЭВЛ-2 Ø 4-150-ТУ	ЭВЧ Ø 3-200-ТУ
В. Плазмообразующий газ	Ar (высший сорт)	Ar (Сорт 1)	-
Г. Стабилизирующий газ	Ar (высший сорт)	Ar (Сорт 1)	-
Д. Защитный газ	Ar	CO ₂	Ar + CO ₂

4.5 Планирование исследования

4.5.1 Структура работ в рамках исследования

В таблице 4.5 приведён перечень работ и распределение исполнителей для выполнения данной работы.

Таблица 4.5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№	Наименование	Продолжительность (дни)	Ресурсы
1	Изучение способов сварки	3	2 инженера-лаборанта
2	Подбор всех подходящих способов сварки	2	2 инженера-лаборанта
3	Выбор способов сварки	2	Первый инженер-лаборант
4	Выбор наилучшего варианта для наплавки	2	Второй инженер-лаборант
5	Выбор оборудования (из имеющегося, покупного)	3	2 инженера-лаборанта
6	Корректирование	2	Инженер-электрик
7	Поиск паспортов технического оборудования (для составления электрических схем)	5	Инженер-электрик
8	Объединение схем в один общий чертеж	1	Инженер-электрик
9	Подключение к блоку управления	2	Программист
10	Расчетный выбор параметров сварки	2	Конструкторский отдел
11	Подбор оптимальных параметров	1	Конструкторский отдел
12	Разработка промышленной карты	3	Технологический отдел
13	Разработка тех. процесса	3	Технологический отдел
14	Контроль качества	1 день на 5 дет.	инженер-лаборант

4.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Рассчитать трудоёмкости работ можно по формуле:

$$t_{oji} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (2)$$

где t_{oji} – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, приведённой в таблице 7, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} ,

учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{oji}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

t_{oji} – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.5.3 Разработка графика проведения исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу 4.6.

После заполнения таблицы 4.6 строим календарный план-график (таблица 4.7).

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках ВКР с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей (таблица 4.7).

Таблица 4.6 – Временные показатели проведения исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}				
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			t_{oji} , чел-дни											
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель			2	2	2	3	3	3
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Рук.-студ.			1	1	1	2	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Студ.-рук.			1	1	1	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель			1	2	2	2	3	3
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель			2	2	2	3	3	3
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Студент			10	10	10	15	15	15
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студ.-рук.			3	4	4	5	6	6
Изучение результатов	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Студент			2	3	3	3	5	5
Проведение расчетов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студент			7	8	8	10	11	11
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студ.-рук.			2	2	2	3	3	3
Вывод по цели	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студент			3	3	3	4	4	4

Таблица 4.7 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

[illegible]

4.5.4 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (7)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	230	169
Картридж для принтера	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Сварочная проволока	кг.	0,5	0,5	0,5	80	80	80	63	63	63
Защитный газ	лит.	1	1	1	12	12	12	18	18	18
Итого								1980	1865	1805

4.5.5 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

Представим расчёт основной заработной платы в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Расчет основной заработной платы

п/ п	Наименование этапов	Исполни- тели по категори- ям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящая ся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководи- тель	2	2	2	3,6			8	8	8
2	Анализ актуальности темы	Студ.-рук.	1	1	1	4,4			5	5	5
3	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	1	1	1	4,4			5	5	5
4	Выбор направления исследований	Руководи- тель	1	2	2	3,6			4	8	8
5	Календарное планирование работ	Руководи- тель	2	2	2	3,6			8	8	8
6	Изучение литературы по теме	Студент	10	10	10	0,8			8,9	8,9	8,9
7	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	3	4	4	4,4			14,8	19,7	19,7
8	Изучение установки	Студент	4	6	6	0,8			3,6	5,4	5,4
9	Модернизация установки	Студент			2	0,8			1,8	2,7	3,6
10	Анализ результатов	Студ.-рук.	2	2	2	4,4			9,8	9,8	9,8
11	Вывод по цели	Студент	3	3	3	0,8			2,7	2,7	2,7
Итого:									71,6	83,2	84,1

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент.

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (8)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Максимальная основная заработная плата руководителя (кандидата технических наук) равна примерно 50400 рублей, а студента 31000 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (9)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 48384 рублей, студента – 28000 рублей.

4.5.6 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (10)$$

где: $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) .

На 2020 г. в соответствии с Федеральным законом от 23.04.2018 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Расчёт отчислений во внебюджетные фонды приведён в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	43200	50400	50400	5184	6048	6048
Студент	25000	30000	31000	3000	3600	3720
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302					
Итого						
Исполнение 1	23068 руб.					
Исполнение 2	27194 руб.					
Исполнение 3	27532 руб.					

4.5.7 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot \kappa_{\text{нр}}, \quad (11)$$

где $\kappa_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны:
 $Z_{\text{накл}} = 99752 \cdot 0,16 = 15960,32$ руб.

4.5.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Все рассчитанные ранее затраты по научно-исследовательскому проекту приведены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчет бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты	1980	1865	1805	Пункт 4.5.4
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	68200	80400	81400	Пункт 4.5.6, табл. 12

Продолжение таблицы 4.11

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8184	9648	9768	Пункт 4.5.6, табл. 12
4. Отчисления во внебюджетные фонды	23068	27194	27532	Пункт 4.5.6, табл. 12
5. Накладные расходы	15960,32	18740,16	18960	16 % от суммы ст. 1-4
6. Бюджет затрат	117392,3	137847,2	139465	Сумма ст. 1-5

4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (12)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{115712,32}{137460} = 0,84; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{135866,16}{137460} = 0,99;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{137460}{137460} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (13)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a^i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a , b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 4.12).

Таблица 4.12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Сварочный материал	0,25	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации	0,25	5	2	3
3. ПГ,СГ,ЗГ	0,15	4	4	4
4. Модернизация способа сварки	0,35	4	5	5
ИТОГО	1	4,5	3,15	3,8

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,35 = 4,5;$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,15;$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,8;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}, \quad (14)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,5}{0,84} = 5,35; I_{исп2} = \frac{3,15}{0,99} = 3,18; I_{исп3} = \frac{3,8}{1} = 3,8.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность

проекта (см.табл.15) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп } i}}{I_{\text{исп } \max}}. \quad (15)$$

Таблица 4.13 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,84	0,99	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,15	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	5,35	3,18	3,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,6	0,71

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

5 Социальная ответственность

Объектом настоящей выпускной квалификационной работы является разработка технологии сборки и сварки анодной обшивки. Рассматриваемая металлоконструкция представляет собой полый цилиндр. В основании квадрат 170 мм на 180 мм с высотой 300 мм.

Поскольку в настоящей работе рассматривается промышленное производственное здание, то условиями эксплуатации конструкции будет являться окружающая среда внутреннего помещения этого здания. Следовательно, конструкцию можно классифицировать как воспринимающую постоянные и временные нагрузки и воздействия, эксплуатируемую в агрессивной среде отапливаемого помещения.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

В данном разделе рассматривается вопрос охраны труда инженера сварочного производства на стадии создания им металлоконструкции фермы. Рабочим местом работника на сварочном участке является специальное приспособление, которое представляет собой сварочный стол, площадь которого составляет 20 м². Рабочие места для дуговой сварки должны защищаться стационарными или переносными светонепроницаемыми ограждениями из несгорающих материалов, высота которых должна быть не менее 2,5 м.

Ширина проходов по периметру сварочного стола должна быть не менее 1 м. Полы для производственных помещений для выполнения дуговой сварки должны быть изготовлены из несгорающих материалов с малым коэффициентом теплопроводности. Пол должен иметь ровную не скользкую и не токопроводящую поверхность.

5.2 Производственная безопасность

Рассматриваемая в настоящей выпускной квалификационной работе металлоконструкция выступает в качестве готового изделия, к которой предварительно применимы заготовительные, сборочные и сварочные операции, подразумевающие использование различного рода машины и механизмы, электроинструменты и электрооборудование. Следовательно, необходимо и целесообразно рассмотреть, и проанализировать опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть при проведении необходимых производственных операций по созданию металлоконструкции, в целях определения методов минимизации этих факторов и защиты от них.

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, возникающих при проведении электросварочных работ на производстве

Приведём опасные и вредные факторы, а также источники и нормативные документы в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по сборке и сварке конструкции стропильной фермы

Источник опасного фактора/ наименование операции	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Заготовительные операции/ резка/очистка поверхности металла от загрязнений и включений;	1. Повышенный уровень шума и вибраций 2. Загрязнение воздуха металлической пылью	1. Поражение электрическим током 2. Физическое ранение быстродвижущейся острой кромкой отрезного диска	СП 2.2.2.1327 – 03 [27]. ГОСТ Р 12.1.019-2009 [28]. ГОСТ 12.4.021-75 [29].

Продолжение таблицы 5.1

Источник опасного фактора/ наименование операции	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
2. Сборочные/ сварочные операции.	1. Загрязнение воздуха рабочей зоны металлической аэрозолью 2. Повышенное содержание ультрафиолетового излучения в рабочей зоне 3. Повышенная физическая нагрузка 4. Неудовлетворительный Уровень освещенности рабочего участка 5. микроклиматические параметры воздушной среды	1. Поражение электрическим током 2. Термическая опасность 3. Физическое ранение быстродвижущейся острой кромкой отрезного диска	СП 2.2.2.1327 – 03 [27]. ГОСТ Р 12.1.019-2009 [28]. ГОСТ 12.4.021-75 [29].

5.2.2 Разработка и анализ мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

Как было отмечено ранее, существует необходимость в более подробном рассмотрении перечня опасных и вредных факторов, которые могут возникнуть при проведении требуемых производственных операций по созданию металлоконструкции. Детальный анализ с применением технической документации поможет разработать план действий и мероприятий по снижению вредоносного воздействия факторов производства. Это создаст благоприятную рабочую среду, которая снизит уровень утомляемости работников и увеличит показатель производительности труда.

Производственный шум рабочего участка

Основными источниками шума при проведении заготовительных и сборочно-сварочных операций по созданию металлоконструкции стропильной фермы являются станки для резки металла, подвижные передвигающиеся части

машин и механизмов, сварочная дуга и шум, издаваемый источником питания сварочной дуги.

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может вредно влиять на органы человека. Шумовое воздействие ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума на человека приводит его в состояние утомления, следовательно, при прочих равных условиях существует необходимость в обеспечении работника требуемыми средствами защиты от шумового воздействия, как индивидуальными, так и общетехническими конструктивными методами, и средствами объемно-пространственной шумоизоляции.

Допустимая норма уровня шума регламентируется согласно следующему документу – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Максимальный уровень шума на рабочем месте сварщика не должен превышать 80 дБА.

Для снижения шума в производственных помещениях применяют различные методы коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 [30]. Этими мерами являются:

- уменьшение уровня шума в источнике его возникновения;
- рациональное размещение оборудования;
- борьба с шумом на путях его распространения, в том числе изменение направленности излучения шума;
- использование средств звукоизоляции и звукопоглощения;
- установка глушителей шума;
- акустическая обработка поверхностей помещения.

Для защиты от шума также широко применяются различные средства индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.275-214 [31].

Согласно [32] уровень шума на рабочем сборочно-сварочном участке цеха составляет не более 80 дБА и соответствует нормам.

Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция на рабочем месте

При полуавтоматической сварке количество газов и пыли значительно меньше, чем при ручной дуговой, но все же в процессе сварки в воздух рабочей среды выделяется сварочная пыль. Сварочная пыль представляет собой аэрозоль – взвесь частиц оксидов металлов и минералов в газовой среде. Основными составляющими аэрозоля являются оксиды железа (до 70%), марганца, кремния, хрома, фтористые и другие соединения. Наиболее вредны соединения хрома, марганца и фтора. На рабочем месте допускаются следующие: предельные концентрации веществ в воздухе (в мг/м³): марганец и его соединения – 0,30; хром и его соединения – 0,10; свинец и его соединения – 0,01; цинковые соединения – 5,00; оксид углерода-20,00; фтористый водород – 0,50; оксид азота – 5,00.

Концентрация нетоксичной пыли более 10 мг/м³ не допускается. Однако если содержание кварца в пыли превышает 10%, то концентрация нетоксичной пыли допускается только до 2 мг/м³.

Нормирование параметров микроклимата заключается в установлении их оптимальных и допустимых величин в отношении конкретных производственных условий. Оно проводится с учетом следующих характеристик: степени тяжести выполняемой работы; времени года; количества избыточного тепла, поступающего в рабочую зону от оборудования (СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [33]).

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата в рабочей зоне производственных помещений в теплый и холодный периоды приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оптимальные и допустимые микроклиматические условия в рабочей зоне для помещений (согласно СанПиН 2.2.4.548-96)

	Время года	Категория тяжести работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Оптимальные параметры	Холодная Теплая	Тяжелая - III	16-18 18-20	40-60 40-60	0,3 0,4
Допустимые параметры	Холодная Теплая	Тяжелая - III	13-19 15-26	75 75	0,5 0,6-0,5

Эффективным средством нормализации воздуха в производственных помещениях является вентиляция, которая представляет собой комплекс средств, обеспечивающих воздухообмен, то есть удаление загрязненного нагретого влажного воздуха и подача свежего, чистого воздуха, соответствующее нормативным нормам.

Согласно [32] показатели концентрации токсичных веществ и микроклиматические условия на рабочем месте сборочно-сварочного участка цеха не превышает допустимые значения и соответствует нормам.

Поражение электрическим током и УФ излучением

При исправном состоянии оборудования и правильном выполнении сварочных операций возможность поражения электрическим током исключается. Но все же, оно возможно и происходит при прикосновении к токоведущим частям электропроводки и сварочной аппаратуры.

Напряжение холостого хода, выбранного в ходе работы источника питания сварочной дуги, достигает 67 Вольт. Следует учесть тот факт, что данное напряжение весьма опасно для человеческого организма. Токи более 0,05 А могут вызвать тяжелые последствия и даже смерть.

Поражение электрическим током возникает при замыкании электрической цепи сварочного аппарата через тело человека. Причинами являются: недостаточная электрическая изоляция аппаратов и питающих проводов, плохое состояние спецодежды и обуви сварщика, сырость и теснота помещений, и другие факторы.

Следовательно, во избежание поражения электрическим током во время проведения электросварочных работ необходимо соблюдать следующие условия:

- корпуса источников питания дуги, сварочного вспомогательного оборудования и свариваемые заготовки должны быть надежно заземлены. Заземление осуществляется медным проводом, один конец которого закрепляется к корпусу источника питания дуги к специальному болту с надписью «Земля», а второй конец присоединяется либо к общей заземляющей шине, либо к металлическому штырю, вбитому в землю;

- заземление передвижных источников питания производится до их включения в силовую сеть, а снятие заземления – только после отключения от силовой сети;

- для подключения источников сварочного тока к сети должны использоваться настенные ящики с рубильниками, предохранителями и зажимами. Длина проводов сетевого питания не должна быть более 10 м. При необходимости нарастить провод применяют соединительную муфту с прочной изоляционной массой или провод с электроизоляционной оболочкой. Провод подвешивают на высоте 2,5...3,5 м.

- все сварочные провода должны иметь исправную изоляцию и соответствовать применяемым токам. Применение проводов с ветхой и растрепанной изоляцией категорически запрещается.

- электрододержатель должен быть снабжен полностью изолированной рукояткой. Место крепления сварочного провода к держателю также должно быть надежно изолировано;

– спецодежда электросварщика должна быть сухой и исправной. Куртка, брюки, фартук и рукавицы должны быть из брезента или сукна. Ботинки или кожаные сапоги должны иметь кожаную подошву, прикрепленную деревянными гвоздями. Резиновые подошвы ботинок и сапог должны быть приклеены путем горячей вулканизации или клеем;

– для персонала 1 группы допуска по электробезопасности, работодатель обязан, организовать инструктаж по электробезопасности на первую группу, с записью в специальном журнале регистрации инструктажей по электробезопасности для неэлектротехнического персонала на 1 группу (сварщик должен быть аттестован по электробезопасности).

Горение сварочной дуги, помимо инфракрасного излучения и видимого света, сопровождается ультрафиолетовым излучением. Яркость световых лучей значительно превышает норму, допускаемую для человеческого глаза, и поэтому зрительная ответная реакция на дугу производит ослепляющее действие.

Ультрафиолетовые лучи при действии даже в течение нескольких секунд вызывают заболевание глаз, называемое электрофтальмией. Оно сопровождается острой болью, резью в глазах, слезотечением, спазмами век. Более продолжительное облучение ультрафиолетовыми лучами вызывает ожоги кожи. Инфракрасные лучи при длительном воздействии вызывают помутнение хрусталиков глаза (катаракту), а также ожоги кожи лица.

Во избежание последствий облучения ультрафиолетовым излучением кожи и сетчатки глаз необходимо соблюдать технику безопасности на рабочем месте. При проведении сварочных работ сварщик обязан быть обеспечен средствами индивидуальной защиты, сварочной защитной маской и производственной сварочной защитной одеждой. В комплект защитной одежды входят костюм и рукавицы, изготовленные из брезентового материала.

Освещенность рабочего участка производства

По категории зрительных работ полуавтоматическая сварка относится к восьмой категории – «общее наблюдение за прохождением процесса»

(постоянный надзор). Согласно СП 52.13330.2016 [34] требования к освещению помещений промышленных предприятий приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Требования к освещению помещения промышленных предприятий

Разряд зрительных работ	Общее наблюдение за прохождением процесса (постоянный надзор)			
Контраст объект	Независимое от характеристик фона и контрастности объекта			
Характеристика				
	Освещенность, лк	При системе комбинированного освещения	Всего	-
			В т.ч. от общего	-
		При системе общего освещения		200
	Совокупность нормируемых величин показателя освещенности и коэффициента пульсации		Р	40
			Кп, %	20
Естественное освещение	При верхнем или комбинированном освещении			3
	При боковом освещении			1
Совмещенное освещение	При верхнем или комбинированном освещении			1,8
	При боковом освещении			0,6

Правила безопасности при работе на механическом оборудовании и слесарном инструменте

В сборочно-сварочных цехах происходит обработка металла резанием, рубка на гильотинных ножницах. При выполнении данных операций возможны: порезы; защемления, захваты в движущихся частях механизмов; удары об твердые части оборудования и инструмента.

При выполнении слесарных работ необходимо соблюдать правила техники безопасности согласно «Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями».

При выполнении работы нужно быть внимательным, не отвлекаться посторонними делами и разговорами и не отвлекать других. Внимательно

осмотреть место работы, привести его в порядок, убрать все мешающие работе посторонние предметы.

Проверить наличие и исправность инструмента, приспособлений и средств индивидуальной защиты (защитных очков, перчаток и т. п.).

При работе применять только исправные инструменты и приспособления.

При работе на ножницах или вальцах надежно зажимать деталь. При спуске рычага остерегаться удара по ноге и защемления руки между ножами или вальцами [35].

Так же в цехах производят работу на шлифмашине с быстродвижущейся кромкой отрезного диска.

К самостоятельной работе с угловой шлифовальной машинкой допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие:

- предварительный(при поступлении на работу) или периодический медицинский осмотр и годные по состоянию здоровья;
- вводный инструктаж по охране труда и пожарной безопасности;
- первичный инструктаж на рабочем месте по охране труда и пожарной безопасности;
- обучение безопасным методам и приемам выполнения работ и оказанию первой помощи, пострадавшим при несчастных случаях на производстве.

При работе с угловой шлифовальной машинкой необходимо:

- соблюдать требования к эксплуатации угловой шлифовальной машинки;
- соблюдать правила безопасности и охраны труда при работе с угловой шлифовальной машинкой;
- использовать по назначению и бережно относиться к выданным средствам индивидуальной защиты.

Психофизические факторы

Физическая нагрузка может быть связана с перемещением материалов, полуфабрикатов, готовых изделий и т.п. на необходимые расстояния и обуславливать динамическую перегрузку.

Статическая нагрузка обусловлена необходимостью работающему прилагать усилия без перемещения всего тела или отдельных частей тела. Она определяется весом удерживаемого груза (величиной прилагаемого усилия) и временем удержания.

При выполнении трудовых функций работающий может находиться в вынужденной позе (наклонные положения тела, вынужденные наклоны, выполнение работы только стоя, на коленях, на корточках и т.п.). Трудовая деятельность, связанная с выраженной двигательной активностью, при величинах нагрузок, превышающих физиологически обоснованные оптимальные и допустимые значения, оказывает неблагоприятное воздействие на состояние здоровья работающего.

При проектировании рабочего места следует учитывать, что фиксированная рабочая поза физиологически не оправдана, так как она вызывает нарушение кровообращения в нижних конечностях и органах тазовой области, приводящие к профессиональным заболеваниям (варикозному расширению вен, геморрою и др.).

При проектировании рабочих мест необходимо стремиться к тому, чтобы рабочая поза была как можно ближе к естественной позе человека. Поэтому целесообразно предусматривать возможность работы как стоя, так и сидя. Особого внимания заслуживает проектирование кресел для лиц, постоянно выполняющих работу сидя за пультами управления. Конструкция кресла должна быть такой, чтобы как можно равномернее распределить давление тела на площадь опоры. Это возможно тогда, когда кресло в наибольшей степени соответствует анатомическому строению человека.

Монотонной работой называют такую работу, отличительными признаками которой служит однообразие рабочих действий, их многократное повторение и небольшая длительность.

Однако и длительная операция, состоящая из однообразных циклов, также может быть монотонной. Все зависит от структуры самой операции – количества, содержания и характера составляющих ее элементов. Общим признаком для всех монотонных работ является перегрузка информацией при выполнении работ или, наоборот, ее недостаток, что накладывает отрицательный отпечаток на функциональное состояние человека – работающий теряет интерес к работе.

Основные меры по уменьшению влияния монотонности на человека:

- делать каждую операцию более содержательности, объединять малосодержательные операции в более сложные, содержательные и разнообразные; операция должна быть продолжительностью не менее 30 секунд; состоять из элементов, позволяющих чередовать нагрузки на различные органы чувств и части тела;

- осуществлять перевод работающих с одной на другую производственную операцию;

- применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня (рабочей смены): назначать короткие дополнительные перерывы для отдыха всей смены (бригады) или отдельного работающего в удобное для него время. Целесообразны частые, но короткие перерывы;

- устанавливать переменный ритм конвейера в течение рабочего дня; наиболее предпочтителен свободный темп конвейера;

- осуществлять эстетичность производства и функциональное музыкальное оформление производственного процесса.

Термическая опасность

Термическая опасность – опасность, возникающая при горении, повышенной температуры поверхности или повышенной температуре вдыхаемого газа.

В процессе сварки свариваемый металл разогревается вплоть до температуры испарения, а вследствие нестабильного горения сварочной дуги возможно разбрызгивание расплавленного металла. В результате разбрызгивания расплавленный металл может попасть на незащищённые участки тела и вызвать серьезные ожоги. Для предупреждения образования ожогов необходимо принятие специальных мер.

Меры предосторожности от термической опасности:

- использование спецодежды и средств индивидуальной защиты;
- принудительная вентиляция рабочей зоны;
- использование защитных экранов;

— работник должен быть аттестован по технике безопасности и противопожарной безопасности.

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Влияние производственного процесса на окружающую среду

При выполнении сварочных операций атмосферный воздух загрязняется сварочным аэрозолем. В его составе находятся вредные для здоровья оксиды металлов.

При механизированной сварке в среде углекислого газа плавящейся электродной проволокой Св-08Г2С значение показателей удельного количества выделяемых загрязняющих веществ в атмосферу не превышает допустимых пределов, и составляет меньший показатель загрязнения по сравнению с ручной дуговой сваркой покрытыми электродами УОНИ 13/55.

В связи с тем, что при МП сварке в среде защитного газа не образуется шлаковая корка, а также отсутствует необходимость в утилизации остатков электродов (по причине их отсутствия) влияние на почвенные и водные ресурсы отсутствуют.

5.3.2 Применяемые мероприятия по защите окружающей среды

Для уменьшения концентрации вредных веществ на рабочих местах при производстве до предельно допустимых величин применяются местные воздухоотводы (вытяжные панели и фильтровытяжные агрегаты, вытяжные шкафы и др.). Задачей вентиляции является обеспечение чистоты воздуха и заданных метеорологических условий в производственных помещениях. Вентиляция достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха. Воздух, удаляемый системами вентиляции и содержащий пыль, вредные или неприятно пахнущие вещества, перед выбросом в атмосферу должен очищаться при помощи фильтрующих материалов и устройств с целью обеспечения минимального нецеленаправленного распространения выбрасываемых вредных веществ в атмосферный воздух близлежащих населенных пунктов.

Негативное воздействие на литосферу характеризуется утилизацией твердых отходов (металлическая огарки сварочного электрода, шлак).

Меры по обеспечению экологической безопасности для литосферы:
хранение отходов в специально помещении на предприятии (склад металлических отходов);

переплавка для повторного использования.

Для атмосферы – использование принудительной системы вентиляции с системой отчистки от вредных паров и аэрозолей.

Переработка или утилизация сварочных остатков достаточно проста. Например, утилизация электродов заключается лишь в их переплавке, но для этого сначала нужно их отсортировать по составу примесей или металла. Это позволит после переплавки сразу получить сталь, легированную нужным химическим составом. Чаще всего она по второму кругу идет на производство таких же сварочных электродов. Это очень удобно, так как не остается отходов.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении электросварочных работ на производстве

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-2016 ЧС - это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией (болезнь животных), эпифитотией (поражение растений), применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям.

Наиболее вероятными чрезвычайными ситуациями на машиностроительном производстве могут являться следующие ситуации:

- пожар;
- взрыв;
- внезапное обрушение зданий, сооружений;

- различного рода аварии (радиационная, промышленная, химическая, биологическая, транспортная).

Основными причинами возникновения обрушения сооружения (сварного – в контексте данной работы), возникающее в процессе его эксплуатации, могут являться:

- физический износ используемого на предприятии оборудования и низкое качество примененного сварочного материала, приводящий к получению конструкции сооружения в качестве готового изделия с низкими прочностными характеристиками и эксплуатационными показателями;

- низкое качество материала конструкции, несоответствующее сертификату входного контроля;

- несоблюдение технологии сварки, приводящее к созданию металлоконструкции, несоответствующей поставленным требованиям по качеству.

Разрушение рабочих сварных соединений влечет за собой выход из строя конструкции фермы в целом. Это может привести к частичному или полному разрушению сооружения, что повлечет за собой угрозу здоровью и жизни, находящемуся в производственном помещении персоналу. Следовательно, при сборке и сварке металлоконструкции следует в полной мере следовать технологии, прописанной в комплекте технологической документации.

Взрыво- и пожароопасные ситуации возможны при несоблюдении правил техники безопасности на рабочем месте, и в особенности при неосторожном обращении со сварочными материалами и оборудованием. Пожар – это неконтролируемое горение, причиняющее вред здоровью человека либо имуществу.

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей и имущества. Пожарная безопасность

обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен присутствовать

«План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения возгорания и указывающий места расположения противопожарной техники.

5.4.2 Применяемые мероприятия по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

С целью предотвращения пожаров необходимо осуществлять проверку на отключение всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети при покидании рабочего помещения. Также, во избежание пожароопасных ситуаций, инженер сварочного производства обязан следовать правилам техники безопасности на рабочем месте, согласно установленным предприятием требованиям.

При проведении сварочных работ рабочие должны быть обеспечены спецодеждой, не имеющей следов нефтепродуктов, защитными масками (очками) и другими специальными средствами защиты.

При проведении сварочных работ на рабочем месте должны быть размещены первичные средства пожаротушения.

В нашем случае оборудуем участок специальными средствами пожаротушения:

- пожарной цистермой с водой (нельзя тушить электроустановки под напряжением, карбида кальция и т.д.) - 2 шт.;

- огнетушитель ОП-5 (порошковый) (для тушения начинающегося пожара твёрдых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;

- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.) – 2 шт.;

- ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания)

- В случае возникновения пожара необходимо выполнить следующие действия:

- принять меры к вызову на место пожара непосредственного руководителя или других должностных лиц;

- оповестить персонал производственного помещения и принять меры к тушению очага пожара;

- горящие части электроустановок и электропроводку, находящиеся под напряжением, тушить углекислотным огнетушителем.

Проведен анализ вредных и опасных ситуаций на производстве таких как повышенный уровень шума, психофизические факторы, неудовлетворительный микроклимат, запылённость воздуха, электробезопасность, ультрафиолетовое облучение, термическая опасность и опасность при работе на механическом оборудовании. Предложены мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуации и их ликвидации в случае возникновения.

Так же рассмотрены меры предотвращения чрезвычайных ситуаций, профилактические мероприятия и меры по ликвидации её последствий.

Можно сделать вывод по проведённой работе, что рабочее место в итоге соответствует НТД.

Заключение

В ходе выпускной квалификационной работы была разработана технология сборки и сварки анодной обшивки с размерами 217x185x172 мм из сплава АМгЗ. Проведен анализ возможности использования способов сварки, которые позволили обосновать выбор более подходящего способа аргонодуговой сварки неплавящимся электродом.

Проведен расчет параметров режимов сварки и разработаны технологические рекомендации по изготовлению заданной конструкции.

Данная конструкция имеет конструктивно ряд проблем с её изготовлением. В работе приведены особенности конструкции и технологические решения, что позволяет получить качественный герметичный шов.

Так же в работе были рассмотрены заготовительные и сборочные операции. Были описаны необходимые действия для обработки сплава перед сваркой. При соблюдении разработанных рекомендаций технологии сварки ожидается получение сварного соединения, отвечающего своему назначению.

В работе так же рассчитана сумма затрат на разработку технологии. Из этого можно сделать вывод что технология рентабельна при массовом производстве, либо при единичном, когда это приведёт к большой прибыли.

В части социальной ответственности были рассмотрены основные факторы, влияющие на безопасность правовую, производственную и экологическую. Это позволит улучшить условия труда для рабочих.

Список используемых источников

1. Материаловедение: Учебное пособие / Ю.П. Егоров, Ю.М. Лозинский, Р.В. Роот, И.А. Хворова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 188 с.
2. Специальные главы материаловедения для специалистов сварочного производства: Учебное пособие / С.Ф. Гнусов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 110 с.
3. J.M. Sánchez Amaya Titania, Ensayos Y Proyectos Industriales S.L. Laser welding of light metal alloys: aluminium and titanium alloys – Spain M.R. Amaya-Vázquez, F.J. Botana University of Cadiz, Spain, 2014.
4. Металлургия сварки плавлением алюминиевых сплавов / Г.Д. Никифоров. – М.: Машиностроение, 1972. – 264 с.
5. Металловедение сварки алюминия и его сплавов / Д.М. Рабкин, А.В. Лозовская, И.Е. Склабинская. – Киев: Наук думка, 1992. – 160 с.
6. Сварка в машиностроении: Справочник, в 4-х т. / т. 2 / под ред. А.И. Акулова. М.: Машиностроение, 1978. – 462 с.
7. ГОСТ 4784-97. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки
8. ГОСТ 1583-93 Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия
9. ГОСТ 11069-74 Алюминий первичный. Марки
10. Сварка и наплавка алюминия и его сплавов / В.Я. Зусин, В.А. Серенко – Мариуполь: Рената, 2005. – 468 с.
11. Технология и оборудование сварки плавлением. / Акулов А.И., Бельчук Г. А., Деменцевич В. П. – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
12. Аргонодуговая сварка для строительных конструкций. Технологические рекомендации. – М.: Госстройиздат, 1963. – 180 с.
13. Китаев А. М., Китаев Я.А. Справочная книга сварщика – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.
14. Дуговая сварка алюминия и его сплавов / Д.М. Рабкин, В.Г. Игнатьев, И.В., Довбищенко. – М.: Машиностроение, 1982. – 95 с.

15. Лазерная сварка металлов / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов. – М.: Высш. Шк., 1988. – 206 с.
16. Марки стали и сплавы [Электронный ресурс]. – URL: http://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/VSt3sp – (Дата обращения: 05.04.2020)
17. ГОСТ 19671-91 Проволока вольфрамовая для источников света
18. ГОСТ 10157-79 Аргон газообразный и жидкий. Технические условия
19. Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд-во Томского политехнического университета, 2008 – 41 с.
20. Бродский А. Я. Руководство по аргонодуговой сварке соединений элементов алюминиевых строительных конструкций – М.: Стройздат, – 1984. – 87 с.
21. Бродский А. Я. Аргонодуговая сварка вольфрамовым электродом – М.: Машгиз, – 1956. – 97 с.
22. Патон Б.Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением – М.: Машиностроение, – 1974. – 456 с.
23. Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением –Л.: Машиностроение, – 1987. – 230 с.

Приложение А

(обязательное)

«Комплект технологической документации»

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

ФЮРА 02190.033

1

5

ТПУ ИШНК
отделение ЭИ

ФЮРА 02190.001

Обшивка анодная

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Согласовал:

Доцент ОЭИ Першина А.А.

« ____ » _____ 2020 г.

Утвердил:

Руководитель ООП

Доцент ОЭИ Першина А.А.

« ____ » _____ 2020 г.

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

на изготовление обшивки анодной



Проконтролировал:

Доцент ОЭИ Першина А.А.

« ____ » _____ 2020 г.

Разработал:

Студент гр. 3-1В51 Хамдамов С.А.

« ____ » _____ 2020 г.

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
																		3	
																		ФЮРА.60190.001	
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.			
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.				
РС1	ПС	НП	ДС	lc	lэ	Пл	U	I	Vc	Vn	qо3	qдз	qк	Tu	Tn				
К/М01	Обшивка анодная, фланец																		
02	Сварочный пруток Св-АМг3 Ø 2.0 мм, баллон газа Ar					ГОСТ 7871-75, ГОСТ 10157-2016													
003	Выполнить прихватки с двух сторон для торцевого шва анодной обшивки и фланцев длиной 10 мм с шагом 50 мм.																		
T04	Маска сварщика, рулетка, щетка.																		
A05	1	1	2	020	Сварочная					РД 34.15.132-96, ГОСТ 14771-76									
Б06	Установка для аргонодуговой сварки BRIMA TIG 250 AC/DC					3	Сварщик	4	2	1									
07	Собранный узел																		
08	Сварочная присадка Св-АМг3, баллон газа Ar					ГОСТ 7871-75, ГОСТ 10157-2016													
09	Сварить узел согласно ФЮРА 20190.002 отступив от краёв по 20 мм. Сварку выполнить на проход.																		
Р/С10	Н1		10	5		О	18-20	70-120	5-6	4-5	6-7								
T11	Маска сварщика, рулетка, щетка.																		
12																			
13																			
14																			
15																			
<div>OK</div> <div>Операционная карта</div>																			

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА.02190.033

5

4

Разработ	Хамдамов С.А.		
Проверил			

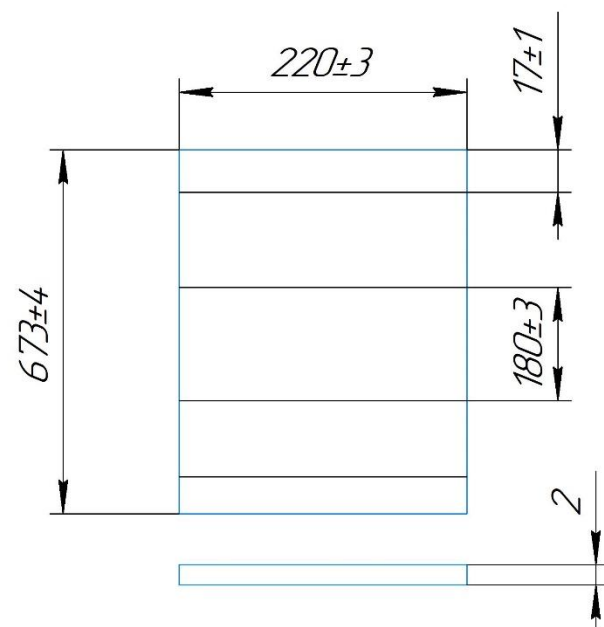
ФЮРА.20190.001

Н. контр.	Першина А.А.		
-----------	--------------	--	--

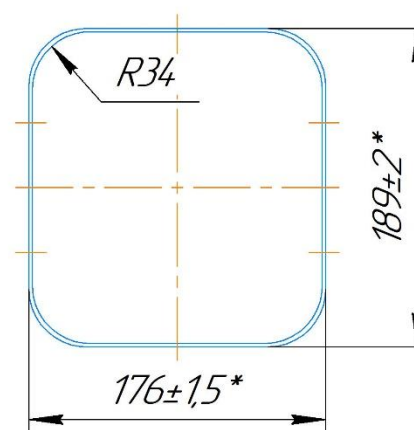
Обшивка анодная

Сборка 015

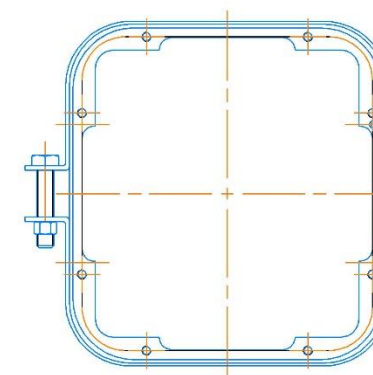
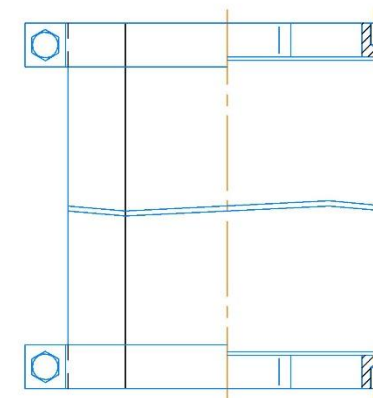
Заготовка 005



Заготовка 010



* - размеры для справок



Дудл.			
Взам.			
Подл.			

ФЮРА.02190.033

5

4

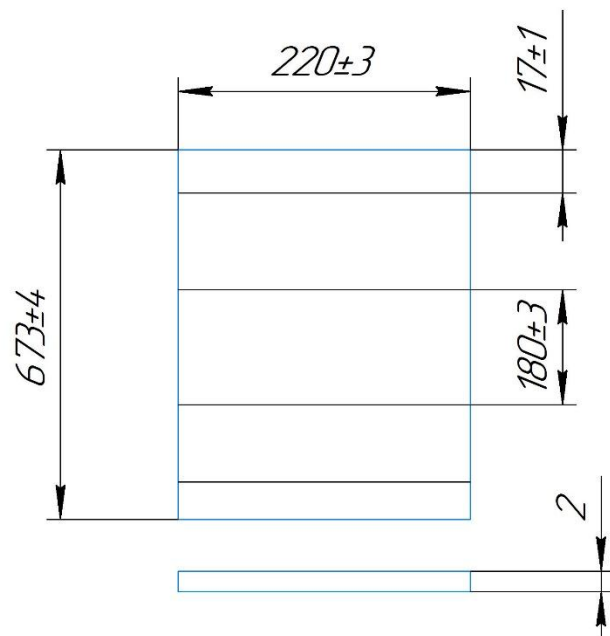
Разраб.	Хамдамов С.А.		
Проверил			

ФЮРА.20190.001

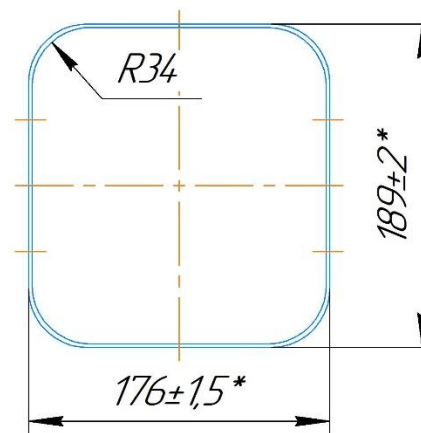
Н. контр.	Першина А.А.		
-----------	--------------	--	--

Обшивка анодная

Заготовка 005



Заготовка 010



* - размеры для справок

Сборка 015

